



UNIVERSIDAD DE ALCALÁ  
FACULTAD DE MEDICINA  
DEPARTAMENTO DE CIRUGÍA

**ESTUDIO EXPERIMENTAL  
DE LA RESISTENCIA MECÁNICA  
DE LAS ESCLEROTOMÍAS SIN SUTURA  
EN VITRECTOMÍA MICROINCISIONAL**

---

**TESIS DOCTORAL**

**Javier Benítez Herreros**

2011



UNIVERSIDAD DE ALCALÁ  
FACULTAD DE MEDICINA  
DEPARTAMENTO DE CIRUGÍA

**ESTUDIO EXPERIMENTAL  
DE LA RESISTENCIA MECÁNICA  
DE LAS ESCLEROTOMÍAS SIN SUTURA  
EN VITRECTOMÍA MICROINCISIONAL**

---

TESIS DOCTORAL

**Javier Benítez Herreros**

DIRECTORES

**Prof. Dr. Miguel Ángel Teus Guezala**

**Dr. Lorenzo López Guajardo**

2011



**D. Miguel Ángel Teus Guezala**, Profesor Titular de Oftalmología del Departamento de Cirugía de la Universidad de Alcalá y **D. Lorenzo López Guajardo**, Doctor en Medicina por la Universidad de Alcalá, como directores de la presente Tesis Doctoral

**CERTIFICAN** que el trabajo titulado “ESTUDIO EXPERIMENTAL DE LA RESISTENCIA MECÁNICA DE LAS ESCLEROTOMÍAS SIN SUTURA EN VITRECTOMÍA MICROINCISIONAL” realizado por **D. Javier Benítez Herreros** reúne los requisitos metodológicos y valor científico adecuados como para ser presentado y defendido para optar al grado de Doctor por la Universidad de Alcalá.

Y para que así conste, se expide y firma la presente certificación el Alcalá de Henares, a veinticinco de enero de dos mil once.



**D. Manuel Sánchez Chapado**, Catedrático de Urología y Director del Departamento de Cirugía de la Universidad de Alcalá.

**CERTIFICA** que el trabajo presentado por **D. Javier Benítez Herreros** titulado “ESTUDIO EXPERIMENTAL DE LA RESISTENCIA MECÁNICA DE LAS ESCLEROTOMÍAS SIN SUTURA EN VITRECTOMÍA MICROINCISIONAL” ha sido realizado en el Departamento de Cirugía y reúne los requisitos científicos de originalidad y rigor metodológicos suficientes para poder ser presentado como tesis doctoral ante el tribunal que corresponda.

Y para que así conste, se expide el presente certificado en Alcalá de Henares, a veinticinco de enero de dos mil once.



*A mis padres, porque son maravillosos.*

*A mi hermano, el mejor amigo que siempre tendré.*

*A mis abuelos, porque a ellos pertenecen los mejores recuerdos de mi infancia.*

*A todos los que comprenden y comparten mis ilusiones.*

## AGRADECIMIENTOS

---

*Al Dr. Lorenzo López Guajardo, por enseñarme a cada momento el camino a seguir y por ayudarme, con tanta maestría, a superar cada uno de los obstáculos que han surgido hasta la consecución de este objetivo. Sin su apoyo constante, sus ánimos, sus consejos, su confianza y toda su sabiduría, nada de esto hubiera sido posible.*

*Al profesor Dr. Miguel Ángel Teus Guezala, por la dedicación y disponibilidad que muestra siempre con sus pupilos. Por todos sus consejos y enseñanzas. Por despertar en mí el interés por la investigación y el desarrollo de nuevas ideas.*

*Al profesor Agustín Silva Mato, por ofrecerme tan valiosa ayuda en el análisis estadístico de los datos recogidos.*

*A todos mis compañeros del Servicio de Oftalmología del Hospital Universitario Príncipe de Asturias, por ayudarme a dar mis primeros pasos como oftalmólogo.*

*A mis compañeros residentes. A los que me recibieron a mi llegada e hicieron que mis primeros años en el hospital fueran inolvidables, y a los que he tenido la suerte de ir conociendo después. Habéis sido unos compañeros extraordinarios. Habéis sido mis amigos.*

*A los tutores del servicio de oftalmología, que con tanto celo cuidan de la formación de nosotros, sus residentes.*

*A todos mis amigos. Gracias por vuestros ánimos.*

*A mi familia, por quererme, cuidarme y educarme.*

## SUMMARY

---

**BACKGROUND:** Transconjunctival sutureless vitrectomy (TSV) has progressively been adopted as the first choice vitrectomy technique for an increasing number of vitreoretinal surgeons due to a series of advantages such as increased patient comfort with less postoperative inflammation, decreased operative times and reduction in surgery-induced astigmatism. Some studies have found that oblique architecture of the incisions associates better closure capacity than direct (perpendicular) sclerotomies. In our study, we compare the mechanical resistance to intraocular pressure rise of 23 and 25-gauge TSV oblique sclerotomies, used by the vitreous cutter and the endoillumination probe, in the immediate postoperative period, using an experimental model of vitrectomized eye.

**MATERIAL AND METHODS:** Prospective, experimental, randomized and observer-masked experimental study in which TSV 23 and 25-gauge oblique sclerotomies, performed in same cadaveric pig eye, are subject to an increase in intraocular pressure. Mechanical resistance is determined by the resistance to intraocular fluid leak through the sclerotomy. The simultaneous use of the different sclerotomy diameters in the same eye avoids interindividual scleral resistance differences.

**CONCLUSIONS:** Oblique 23-gauge sutureless sclerotomies offer less mechanical resistance to intraocular pressure rise than 25-gauge in our experimental model. Thus, surgeons should assume performing more sclerotomy suturing in 23-gauge cases to obtain similar closure standards. The different use of the sclerotomies does not seem to cause differences in the incisional closure capacity at the end of the surgery.

## ÍNDICE

<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>12</b>
<b>I. 1. ANATOMÍA Y FISIOLOGÍA DE LA RETINA Y EL VÍTREO .....</b>	<b>13</b>
I. 1. 1. La retina .....	13
I. 1. 2. El vítreo.....	15
<b>I. 2. MÉTODOS DE VISUALIZACIÓN DE LA RETINA Y EL VÍTREO.....</b>	<b>16</b>
I. 2. 1. Oftalmoscopia.....	16
I. 2. 2. Angiografía fluoresceínica .....	18
I. 2. 3. Angiografía con verde indocianina .....	18
I. 2. 4. Ecografía ultrasónica .....	19
I. 2. 5. Tomografía de coherencia óptica .....	20
<b>I. 3. TERAPÉUTICA QUIRÚRGICA DE LA RETINA. APROXIMACIÓN HISTÓRICA .....</b>	<b>21</b>
I. 3. 1. Siglos XVIII y XIX .....	21
I. 3. 1. 1. Cirugía del desprendimiento de retina .....	21
I. 3. 2. Siglo XX .....	24
I. 3. 2. 1. Jules Gonin. Entendiendo el desprendimiento de retina. ....	24
I. 3. 2. 2. Cirugía clásica escleral .....	25
I. 3. 2. 3. Cirugía vítreo-retiniana intraocular. Primeros pasos.....	26
I. 3. 2. 4. Vitrectomía por vía <i>pars plana</i> . Inicios. ....	27
I. 3. 2. 5. Vitrectomía 20-gauge y aparición de la técnica bimanual .....	28
I. 3. 2. 6. Esclerotomías tunelizadas sin sutura en vitrectomía 20-gauge .....	29
I. 3. 3. Siglo XXI .....	32
I. 3. 3. 1. Esclerotomías 23 y 25-gauge .....	32
<b>I. 4. VITRECTOMÍA POR VÍA <i>PARS PLANA</i>.....</b>	<b>35</b>
I. 4. 1. Introducción.....	35
I. 4. 2. Tipos de vitrectomía según calibre de esclerotomías e instrumentos .....	36
I. 4. 3. Funciones del aparato de vitrectomía .....	39
I. 4. 3. 1. Flujo de infusión .....	39
I. 4. 3. 2. Corte y aspiración del vitreotomo .....	40
I. 4. 3. 3. Iluminación .....	42
I. 4. 3. 4. Instrumentación complementaria.....	44
I. 4. 3. 5. Otras funciones del sistema de vitrectomía .....	47
I. 4. 4. Visualización del segmento posterior .....	48
I. 4. 4. 1. Microscopio quirúrgico.....	48
I. 4. 4. 2. Lentes quirúrgicas.....	49
I. 4. 5. Indicaciones de vitrectomía <i>pars plana</i> .....	52
I. 4. 5. 1. Patologías retinianas .....	52
I. 4. 5. 2. Patologías vítreas .....	57

I. 4. 5. 3. Glaucoma.....	59
I. 4. 5. 4. Otras indicaciones .....	61
I. 4. 6. Preparación preoperatoria .....	65
I. 4. 7. Anestesia en vitrectomía por vía <i>pars plana</i> .....	68
I. 4. 7. 1. Consulta preanestésica.....	68
I. 4. 7. 2. Tipos de anestesia en vitrectomía <i>pars plana</i> .....	69
I. 4. 7. 2. 1. Anestesia retrobulbar.....	69
I. 4. 7. 2. 2. Anestesia general .....	75
I. 4. 8. Técnica quirúrgica.....	76
I. 4. 8. 1. Acceso por vía <i>pars plana</i> .....	76
I. 4. 8. 2. Vitrectomía central.....	80
I. 4. 8. 3. Vitrectomía periférica.....	82
I. 4. 8. 4. Tiempos quirúrgicos adicionales a la vitrectomía .....	83
I. 4. 8. 4. 1. Supresión de tracciones vitreoretinianas .....	83
I. 4. 8. 4. 2. Reaplicación intraoperatoria de la retina en desprendimientos de retina ..	85
I. 4. 8. 4. 3. Láser endocular intraoperatorio .....	87
I. 4. 8. 4. 4. Crioterapia.....	88
I. 4. 8. 4. 5. Endodiatermia .....	89
I. 4. 8. 4. 6. Uso de taponamientos prolongados .....	90
I. 4. 8. 5. Cierre de esclerotomías en vitrectomía 20-gauge.....	93
I. 4. 8. 6. Retirada de cánulas en vitrectomía 23 y 25-gauge .....	94
I. 4. 9. Cuidados postoperatorios .....	95
I. 4. 10. Complicaciones en vitrectomía.....	96
I. 4. 10. 1. Complicaciones intraoperatorias en vitrectomía .....	96
I. 4. 10. 1. 1. Dificultades de visualización .....	96
I. 4. 10. 1. 2. Infusión subretiniana .....	99
I. 4. 10. 1. 3. Rotura retiniana o desprendimiento de retina intraoperatoria.....	100
I. 4. 10. 1. 4. Incarceración del vítreo y la retina.....	100
I. 4. 10. 2. Complicaciones postoperatorias en vitrectomía.....	102
I. 4. 10. 2. 1. Desprendimiento de la retina secundario a la vitrectomía .....	102
I. 4. 10. 2. 2. Catarata.....	103
I. 4. 10. 2. 3. Hipertonía ocular.....	103
I. 4. 10. 2. 4. Hipotonía ocular .....	103
I. 4. 10. 2. 5. Endoftalmitis .....	104
I. 4. 10. 2. 6. Desprendimiento y hemorragia coroidea .....	104

## **II. JUSTIFICACIÓN E HIPÓTESIS DE TRABAJO ..... 105**

## **III. OBJETIVOS ..... 108**

<b>IV. MATERIAL Y MÉTODOS.....</b>	<b>110</b>
<b>IV. 1. MATERIAL.....</b>	<b>111</b>
IV. 1. 1. Ojos de cerdo. Muestra de estudio. ....	111
IV. 1. 2. Material Quirúrgico .....	113
<b>IV. 2.- MÉTODOS .....</b>	<b>115</b>
IV. 2. 1. Técnica quirúrgica .....	115
IV. 2. 1. 1. Preparación a la vitrectomía .....	116
IV. 2. 1. 2. Acceso por vía <i>pars plana</i> .....	118
IV. 2. 1. 3. Vitrectomía por vía <i>pars plana</i> .....	123
IV. 2. 1. 4. Retirada de cánulas .....	126
IV. 2. 1. 5. Intercambio de solución salina balanceada por azul de metileno 1% .....	127
IV. 2. 1. 6. Estudio de la resistencia de las esclerotomías .....	129
IV. 2. 2. Variables estudiadas.....	132
IV. 2. 3. Método estadístico.....	133
<b>V. RESULTADOS.....</b>	<b>134</b>
<b>V. 1. ESTUDIO DESCRIPTIVO .....</b>	<b>135</b>
V. 1. 1. Población incluida en el estudio .....	135
V. 1. 2. Esclerotomías que muestran filtrado en función de su calibre .....	137
V. 1. 2. 1. Número de esclerotomías que muestran filtrado en función de su calibre.....	137
V. 1. 2. 2. Presión a la que filtran las esclerotomías en función de su calibre .....	138
V. 1. 3. Esclerotomías que muestran filtrado en función de su uso .....	143
V. 1. 3. 1. Número de esclerotomías que muestran filtrado en función de su uso.....	143
V. 1. 3. 2. Presión a la que filtran las esclerotomías en función de su uso.....	144
V. 1. 4. Esclerotomías que muestran filtrado en los cuatro subgrupos diferentes, combinando su calibre y su uso .....	149
V. 1. 4. 1. Número de esclerotomías que muestran filtrado en función de su calibre y uso .....	149
V. 1. 4. 2. Presión a la que filtran las esclerotomías en función de su calibre y uso .....	151
<b>V. 2. ESTUDIO ANALÍTICO.....</b>	<b>160</b>
V. 2. 1. Estudio analítico acerca del filtrado de las esclerotomías en función de su calibre ...	160
V. 2. 1. 1. Análisis del número de esclerotomías que presentan filtrado en función de su calibre .....	160
V. 2. 1. 2. Análisis de la presión a la que filtran las esclerotomías en función de su calibre .....	161
V. 2. 2. Estudio analítico acerca del filtrado de las esclerotomías en función de su uso .....	162
V. 2. 2. 1. Análisis del número de esclerotomías que presentan filtrado en función de su uso .....	162
V. 2. 2. 2. Análisis de la presión a la que filtran las esclerotomías en función de su uso....	163

V. 2. 3. Estudio analítico acerca de las esclerotomías que presentan filtrado en los cuatro subgrupos incisionales diferentes, combinando su calibre y uso .....	164
V. 2. 3. 1. Análisis del número de esclerotomías que presentan filtrado, combinando su calibre y su uso .....	164
V. 2. 3. 2. Análisis de la presión a la que filtran las esclerotomías que lo hacen primero, combinando su calibre y su uso.....	166
<b>VI. DISCUSIÓN .....</b>	<b>167</b>
<b>VI. 1. DISCUSIÓN SOBRE EL MODELO EXPERIMENTAL EMPLEADO .....</b>	<b>168</b>
<b>VI. 2. DISCUSIÓN SOBRE LA RESISTENCIA MECÁNICA DE LAS ESCLEROTOMÍAS EN FUNCIÓN DE SU CALIBRE .....</b>	<b>172</b>
VI. 2. 1. Análisis de las esclerotomías filtrantes en función de su calibre .....	172
VI. 2. 2. Análisis de la presión a la que filtran las esclerotomías en función de su calibre .....	176
<b>VI. 3. DISCUSIÓN SOBRE LA RESISTENCIA MECÁNICA DE LAS ESCLEROTOMÍAS EN FUNCIÓN DE SU USO .....</b>	<b>180</b>
VI. 3. 1. Análisis de las esclerotomías filtrantes en función de su uso .....	180
VI. 3. 2. Análisis de la presión a la que filtran las esclerotomías en función de su uso .....	183
<b>VI. 4. DISCUSIÓN SOBRE LA RESISTENCIA MECÁNICA DE LAS ESCLEROTOMÍAS COMBINANDO SU CALIBRE Y SU USO .....</b>	<b>184</b>
<b>VII. CONCLUSIONES .....</b>	<b>186</b>
<b>VIII. BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>188</b>

# **I. INTRODUCCIÓN**



## **I. 1. ANATOMÍA Y FISIOLÓGÍA DE LA RETINA Y EL VÍTREO**

---

### **I. 1. 1. La retina**

La retina es un tejido fino y transparente, formado embriológicamente a partir de las capas internas del cáliz óptico, que asienta sobre la superficie interna de las tres cuartas partes posteriores del ojo. En un corte transversal, desde la retina interna hasta la externa, distinguimos las siguientes capas:<sup>1</sup>

- Membrana limitante interna.
- Capa de fibras nerviosas (axones de las células ganglionares).
- Capa de células ganglionares.
- Capa plexiforme interna.
- Capa nuclear interna.
- Capa plexiforme externa.
- Capa nuclear externa (núcleos de los fotorreceptores).
- Membrana limitante externa.
- Segmentos interno y externo de bastones y conos.
- Epitelio pigmentario retiniano y su membrana basal.

A su vez, la retina puede dividirse en dos únicas capas: una externa compuesta por el epitelio pigmentario de la retina, y una retina neurosensorial interna compuesta por el resto de estratos. En cuanto a su vascularización, el tercio externo de la retina recibe el aporte sanguíneo de la circulación coroidea, mientras los dos tercios internos lo hacen de ramas procedentes de la arteria central de la retina.

En el procesamiento visual están implicadas diferentes neuronas de la retina neurosensorial. Entre las neuronas aferentes se encuentran los fotorreceptores, las

células bipolares y las células ganglionares; entre las eferentes señalamos las células interplexiformes (amacrinas modificadas) y las células biplexiformes (ganglionares modificadas). Por último, se consideran interneuronas las células horizontales y las células amacrinas.

Los fotorreceptores, que podrán ser conos o bastones, contienen fotorpigmentos sensibles a la luz, formados por la unión de una proteína llamada opsina y retinal, un aldehído de la vitamina A. La energía lumínica, mediante el proceso de fototransducción, es capaz de producir cambios químicos en estos pigmentos, que inducen la entrada masiva de iones de calcio despolarizando el fotorreceptor. Se origina así una corriente eléctrica que se transmite mediante uniones sinápticas a las células bipolares y de estas a las células ganglionares, cuyos axones forma la capa de fibras nerviosas de la retina y posteriormente, los axones del nervio óptico.<sup>1</sup>

Por su parte, el epitelio pigmentario de la retina está formado por células epiteliales polarizadas. Estas células se encuentran en estrecha relación con los fotorreceptores en su superficie apical, y con la membrana de Bruch en su superficie basal. Además, cuentan con uniones intercelulares estrechas que bloquean el paso de agua e iones y que contribuyen a formar la barrera hematorretiniana. El epitelio pigmentario de la retina es particularmente rico en gránulos de melanina, fagosomas y microperixisomas. En cuanto a las funciones que cumplen estas células, destacan la regeneración del pigmento visual, la fagocitosis de los discos desprendidos de los segmentos externos de los fotorreceptores, el transporte de nutrientes e iones necesarios para los fotorreceptores, la eliminación sus productos de desecho, la absorción de la luz dispersa y desenfocada por la pigmentación, y la adherencia de la retina.

## **I. 1. 2. El vítreo**

La cavidad vítrea, que se extiende desde la cara posterior del cristalino hasta la superficie interna de la retina, carece de vascularización y ocupa cuatro quintas partes del globo ocular, esto es, unos 4 ml de volumen.

El humor vítreo por su parte, es un líquido transparente de consistencia gelatinosa que rellena esta cavidad y que proporciona una vía de acceso para diversas sustancias que utilizan el cristalino, el cuerpo ciliar y la retina para su metabolismo. El vítreo está compuesto en un 98% por agua, y en un 0,15% por macromoléculas que incluyen hialuronano, colágeno y proteínas solubles. El resto de la sustancia sólida está formada por iones y solutos de bajo peso molecular. También se han identificado células denominadas hialocitos, de origen y función desconocida. Estructuralmente, se trata de un gel formado por una malla de colágeno en la que se intercalan moléculas de hialuronano hidratado. Estas últimas confieren viscosidad al cuerpo vítreo, y ayudan a estabilizar la malla de colágeno.<sup>1</sup>

Dentro del vítreo, distinguimos tres partes: La hialoides y el córtex en la periferia, y el vítreo central que posee menor densidad. El vítreo se encuentra adherido a la periferia de la retina a nivel de la base del vítreo, que se extiende desde 2 mm por delante de la ora serrata, hasta 4 mm por detrás. También presenta adhesiones al borde de la papila óptica, a la región perimacular, a los vasos retinianos y a la cápsula posterior del cristalino. Las fibrillas de la base del vítreo se fusionan con la membrana limitante interna de la retina y la membrana basal del epitelio no pigmentado de la *pars plana*.<sup>1</sup>

## **I. 2. MÉTODOS DE VISUALIZACIÓN DE LA RETINA Y EL VÍTREO**

---

El desarrollo de las diferentes técnicas de visualización del segmento posterior ocular, ha permitido la comprensión de la fisiopatología de la retina y el vítreo, y el posterior desarrollo de las técnicas quirúrgicas empleadas para afrontar muchos de estos desórdenes.

### **I. 2. 1. Oftalmoscopia**

La oftalmoscopia se define como la exploración visual del interior del ojo mediante el empleo de diversos instrumentos ópticos, que nos permite determinar el estado del vítreo, la retina, la coroides y la papila óptica. La palabra oftalmoscopia deriva del griego *oftalmo* y *scopien*, que significa “mirar el ojo”. Existen diversos tipos de oftalmoscopia: Oftalmoscopia directa, oftalmoscopia indirecta y biomicroscopía funduscópica.

- ***Oftalmoscopia directa***

Esta técnica permite visualizar el fondo de ojo a nivel del polo posterior, incluyendo papila óptica, mácula y arcadas vasculares, sin necesidad de midriasis pupilar. La imagen observada se corresponde con la orientación real de las estructuras oculares.<sup>2</sup>

- ***Oftalmoscopia indirecta***

El oftalmoscopio indirecto consiste en un casco emisor de luz y una lente condensadora de 20, 28 ó 30 dioptrías, capaz de neutralizar el poder dióptrico del ojo. Requiere dilatación pupilar previa y nos ofrece una imagen invertida de la

papila, el polo posterior y la periferia retiniana, especialmente si asociamos depresión escleral.<sup>2</sup>

- ***Biomicroscopía fundoscópica***

El examen con lámpara de hendidura nos permite evaluar mediante corte óptico el vítreo, la retina y la papila, así como lesiones situadas en zonas periféricas, con magnificación e iluminación variables. La posibilidad de practicar corte óptico de los medios transparentes nos permite además detectar la presencia de células inflamatorias.

En la exploración mediante biomicroscopía fundoscópica se utilizan lentes de contacto o de no contacto. El uso de las primeras requiere de anestesia tópica y aplicación de metilcelulosa en la concavidad de la lente. La más utilizada es la de Goldmann de tres espejos,<sup>3</sup> que consta de una lente central para la visualización directa del fondo del ojo, y de tres espejos de distinto tamaño e inclinación para la visión específica de diferentes partes del fondo. Por su parte, con el uso de lentes de no contacto exploramos un pequeño campo retiniano altamente magnificado e invertido; las lentes esféricas más utilizadas serán de 60, 70 y 90 dioptrías.<sup>2</sup>

## **I. 2. 2. Angiografía fluoresceínica**

Esta técnica, descrita por MacLean y Maumenne<sup>4</sup> en 1959 y un año más tarde por Novotny y Alvis,<sup>5</sup> ofrece información acerca de las características estructurales de los vasos sanguíneos, del tránsito hemático a través de la retina, y de cualquier alteración del epitelio pigmentario de la retina que afecte a su capacidad óptica de bloquear la fluorescencia del colorante, o que permita el paso de éste hacia capas más internas de la retina. Para su realización, debemos disponer de un angiógrafo con filtros adecuados, que permita visualizar y fotografiar el paso de la fluoresceína, inyectada previamente por vía intravenosa.<sup>2</sup>

## **I. 2. 3. Angiografía con verde indocianina**

Este método diagnóstico, que ya fue utilizado a nivel ocular por Kogure en 1970,<sup>6</sup> permite obtener imágenes del contraste a su paso por la retina durante mucho más tiempo que la angiografía fluoresceínica, mejorando la visualización de la circulación coroidea. De esta forma, se trata de un estudio complementario a la angiografía fluoresceínica, principalmente en el diagnóstico de membranas neovasculares de diversas etiologías.<sup>2</sup> Las propiedades espectrales de la molécula de verde de indocianina realzan su transmisión a través de pigmento, hemorragias y exudación turbia, ofreciendo gran información en el estudio de estas membranas neovasculares, parcialmente ocultas por fluidos opacos.<sup>7,8</sup> También será de gran utilidad en el estudio de membranas neovasculares subretinianas asociadas a desprendimiento seroso del epitelio pigmentario de la retina, así como en la vasculopatía coroidea polipoidal idiopática y en la coriorretinopatía central serosa.<sup>9</sup>

## **I. 2. 4. Ecografía ultrasónica**

Esta técnica diagnóstica constituye un método de visualización del polo posterior dinámico y no invasivo. Es especialmente útil en caso de opacidad de medios que impida la óptima exploración del polo posterior. Esta técnica permite diagnosticar desprendimientos de retina, desprendimientos coroideos, hemorragias vítreas y tumoraciones.<sup>2</sup>

En 1957, fue descrita por Oksala y Lehtinen,<sup>10</sup> quienes diseñaron una sonda ecográfica muy manejable y publicaron un ecograma de diversas enfermedades oftalmológicas. Más tarde, en la década de los 70, Bronson introdujo el uso clínico de la sonda de contacto directo sin inmersión en agua.<sup>11-15</sup>

La ecografía emplea ultrasonidos de 10 MHz de frecuencia, a través de un transductor aplicado sobre la piel de los párpados o directamente sobre la superficie ocular, interponiendo un gel conductor. Los ecos reflejados por cada interfase tisular son recogidos nuevamente por el transductor, y un procesador los amplifica y reproduce en una pantalla.<sup>2</sup>

Existen dos interpretaciones diferentes: El modo A y el B. El primero, en el que los ecos se reproducen como picos de diferente altura en un eje horizontal, es útil para determinar la naturaleza de los tejidos y se emplea para la biometría en el cálculo del poder dióptrico de la lente intraocular. En el modo B, un grupo de haces de 10 MHz recorren una sección del globo ocular de aproximadamente 40 grados de arco, permitiendo el diagnóstico de desprendimientos de retina, desprendimientos coroideos, hemorragias vítreas o tumores.<sup>2</sup>

Aunque la ecografía más extendida es la bidimensional, en los últimos años se ha comenzado a desarrollar la ecografía tridimensional.

## **I. 2. 5. Tomografía de coherencia óptica**

Este método diagnóstico, descrito por primera vez por Huang en 1991,<sup>16</sup> ha supuesto un gran salto cualitativo en el diagnóstico de diversas patologías maculares y de la papila óptica. Se trata de un aparato que utiliza un instrumento óptico de precisión informatizado capaz de generar imágenes de cortes transversales de la retina (tomografías). Su funcionamiento se basa en una técnica de medición óptica conocida como “interferometría de baja coherencia”.<sup>2</sup> Emplea una luz infrarroja de baja coherencia que penetra en los tejidos oculares y se divide en varios haces de luz menores. Uno de ellos se dirige a la retina y otro es captado por un espejo de referencia situado a una distancia conocida. En su trayectoria de regreso, ambos haces son captados por un interferómetro que la interpreta según una escala de pseudocolores, que indica los diferentes grosores de los tejidos estudiados.

La tomografía de coherencia óptica nos ofrece en tiempo real imágenes bidimensionales de alta resolución que, aun siendo virtuales, recrean con bastante fidelidad la morfología tisular de la retina y del nervio óptico, como si de un corte histológico se tratara. De esta forma, nos permite identificar alteraciones patológicas que afecten a la mácula, la papila óptica y la capa de fibras nerviosas de la retina,<sup>17</sup> así como hacer mediciones de gran fiabilidad y reproducibilidad, con la ventaja añadida de ser una técnica inocua para el paciente, rápida y sin apenas molestias para el mismo. No obstante, requiere de cierta colaboración por parte del paciente y de unos medios aceptablemente transparentes para obtener imágenes de calidad.<sup>18</sup>



### **I. 3. TERAPÉUTICA QUIRÚRGICA DE LA RETINA. APROXIMACIÓN HISTÓRICA**

---

Atendiendo al tratamiento quirúrgico en el manejo de la patología retiniana a lo largo de la historia, mucho se ha recorrido hasta la implantación de la vitrectomía como una de las principales técnicas quirúrgicas. Desde un principio, el desprendimiento de retina ha sido la patología retiniana que mayor interés quirúrgico ha despertado en los oftalmólogos, siendo objeto de numerosas técnicas diferentes a la hora de afrontar su tratamiento.

#### **I. 3. 1. Siglos XVIII y XIX**

##### **I. 3. 1. 1. Cirugía del desprendimiento de retina**

- ***Drenaje del líquido subretiniano***

En 1707, Maitre-Jan,<sup>19</sup> autor del primer libro de oftalmología moderna, describió histológicamente el desprendimiento de retina en el ojo de una vaca.

Ya en el siglo XIX, Ware<sup>20</sup> y posteriormente Wardrop<sup>21</sup> observaron desprendimientos de retina en humanos, siendo el propio Ware<sup>22</sup>, en 1805, el primero en tratarlo quirúrgicamente. Para ello, abordó el desprendimiento a través de una incisión en la esclera mediante una esclerotomía posterior, por la que drenó el líquido subretiniano. Este procedimiento, que estuvo vigente durante casi cien años, contaba con poco éxito, ya que, al dejar sin tratar las roturas retinianas por no considerarlas elemento fundamental en la patogenia del desprendimiento, el líquido subretiniano drenado volvía a acumularse al pasar nuevamente por dichas roturas.

Coccius<sup>23</sup> en 1853, fue el primero en observar un desgarro retiniano y un año después Von Graefe<sup>24,25</sup> describió la historia natural del padecimiento. No obstante, según la “doctrina de la exudación”, no se consideraba el desgarro la causa, sino la consecuencia de la exudación.

Durante varias décadas, los oftalmólogos seguían otorgando al drenaje del líquido acumulado bajo la retina, el papel principal en la cirugía de desprendimiento de retina. De esta forma, Ohm<sup>26</sup> y De Wecker<sup>27</sup> en 1872 realizaron perforaciones esclerales en forma de sacabocados, por las que fluyera el líquido subretiniano. Grizou<sup>28</sup> y Ribarde<sup>29</sup> en 1876 y 1877 respectivamente, crearon vías de drenaje desde la colección de líquido al exterior, introduciendo un hilo de oro entre la esclera y la coroides. Por su parte, Deutschmann<sup>30</sup> en 1899, empleó un galvanocauterio para puncionar la esclera y crear así una vía de comunicación con el exterior.

- ***Técnicas de aposicionamiento retiniano***

Otras corrientes optaron por aposicionar la retina mediante diversos métodos.

Fano, a mediados del siglo XIX, creó cicatrices coriorretinianas sin afectar a los desgarros, mediante el empleo de una solución yodada. Meyer, en la década de 1870, hernió la retina a través de las esclerotomías creadas, y Galezowsky<sup>31</sup> suturó el desprendimiento a la pared escleral con hilo de catgut. Más tarde, Müller<sup>32</sup> optó por reseca la esclera acortando el globo ocular. Esta última técnica se llegó a realizar por muchos otros autores.<sup>33-35</sup>

- ***Medidas no quirúrgicas***

Algunos autores emplearon medidas conservadoras como tratamiento coadyuvante a la cirugía. Stellwag<sup>36</sup> abogó por el reposo en cama y la inmovilización de la cabeza, y Samelsohn<sup>37</sup> describió además el uso de vendajes de compresión bilateral para conseguir así una mayor inmovilización.

Más adelante, se emplearon también numerosos fármacos entre los que destacaron las sales mercurio, los salicilatos, el cloruro cálcico, la pilocarpina y la hormona tiroidea.<sup>38</sup> Otros tratamientos fueron la radioterapia, el uso de ventosas y la venosección.

No obstante, el hecho de desconocer la importancia de los desgarros de retina en la fisiopatología del desprendimiento, impidió el avance hacia el éxito en el tratamiento del desprendimiento de retina.

### **I. 3. 2. Siglo XX**

#### **I. 3. 2. 1. Jules Gonin. Entendiendo el desprendimiento de retina.**

En 1919, Jules Gonin<sup>39,40</sup> otorgó un papel fundamental al tratamiento de los desgarros retinianos, como causa principal de los desprendimientos de retina regmatógenos y no como consecuencia de estos. Junto a ellos, también destacó como mecanismos implicados en la fisiopatología del desprendimiento de retina, la presencia de licuefacción vítrea, las adherencias entre el vítreo y la retina, y la tracción del humor vítreo sobre la retina.

Gonin desarrolló una la técnica quirúrgica conocida como *ignipuntura*. El primer paso en el tratamiento del desprendimiento de retina regmatógeno consistió en localizar de forma precisa las roturas retinianas, de forma que con frecuencia la exploración se prolongaba más que la propia intervención. Una vez identificado el desgarro retiniano, realizaba una peritomía conjuntival de 5 mm de longitud exponiendo la esclera bajo la cual subyacía el roto. A continuación, practicaba una incisión radial de 3 mm de longitud a través de la esclera hasta llegar al espacio subretiniano, permitiendo así el drenaje del líquido acumulado. Después, insertaba un termocauterio a través de la esclerotomía y cauterizaba la retina afectada durante 3 segundos, creando una cicatriz coriorretiniana alrededor de los desgarros. Por último cerraba la incisión conjuntival. El postoperatorio consistía en reposo en cama durante 3 ó 4 semanas y oclusión ocular.

En 1919, comunicó ante la Sociedad Oftalmológica Suiza sus primeros éxitos quirúrgicos, aunque no fue hasta 1929, durante el Congreso Internacional de Oftalmología en Amsterdam, cuando la comunidad mundial reconoció su trabajo: El desprendimiento de retina pasó de curarse en menos del 1%<sup>41</sup> de los casos

intervenidos mediante drenaje subretiniano posterior, a más del 30% de los desprendimientos tratados con la técnica descrita por Gonin.<sup>42</sup>

### **I. 3. 2. 2. Cirugía clásica escleral**

En la década de 1950, con la aparición de la indentación escleral mediante el uso de implantes esclerales externos, el tratamiento quirúrgico del desprendimiento de retina entró en la “etapa de la cirugía moderna”.<sup>43</sup> La indentación permitió cerrar las roturas por aposición del epitelio retiniano pigmentario sobre la retina neurosensorial, drenar el líquido subretiniano y relajar las tracciones vítreas existentes. En caso de mal posición, el implante podía recolocarse.<sup>44</sup>

Ernst Custodis comenzó a emplear implantes externos sintéticos permanentes de polivirol y silicona esponjosa. El implante era fijado con puntos en U, fuera de la zona del desgarro, sobre la cual se aplicaría diatermia.<sup>44</sup>

Charles Schepens popularizó el uso de la indentación circular de forma sistemática, sentando las bases de la cirugía del desprendimiento de retina para la segunda mitad del siglo XX. Schepens describió la implantación de un cerclaje circular que abrazaba el ojo por su zona ecuatorial a lo largo de 360°, paralelamente al limbo, creando un cierre segmentario. Al disminuir el diámetro del globo ocular, reducía las tracciones vítreas, favorecía el drenaje y taponaba pequeños desgarros.<sup>45</sup>

En 1958, el español Arruga empleó un hilo inextensible en vez del implante de silicona.<sup>46</sup> Romem y Hauer por su parte, prefirieron el uso de un doble hilo que comprometía mayor superficie escleral.<sup>47</sup>

Unos años más tarde, Lincoff comenzó a utilizar implantes radiales de esponja de silicona, aplicando sobre los desgarros crioterapia.<sup>48</sup>

La cirugía de retina basada en el abordaje externo contaba con numerosas ventajas. Entre ellas, destaca el hecho de ser una cirugía no cataratógena, además de requerir bajos costes y poca colaboración por parte del paciente en el postoperatorio.<sup>49</sup> Algunos autores describen además menor morbilidad, menor tasa de reintervención y menor proliferación vitreorretiniana con esta técnica respecto de otras.<sup>50,51</sup> Entre sus desventajas se encuentra la necesidad de tener que realizar una exploración oftalmológica minuciosa para localizar las roturas de forma preoperatoria, además de asociar un importante riesgo postquirúrgico de defecto refractivo y de isquemia del segmento anterior.<sup>52,53</sup> Por otro lado, los implantes podrán infectarse o incluso desplazarse, provocando intrusiones o extrusiones de los mismos.<sup>54,55,56</sup> Si se realiza drenaje del fluido subretiniano se pueden producir hemorragias subretinianas por perforación de algún vaso coroideo, incarcerationes de la retina a través del orificio practicado y formación iatrogénica de roturas nuevas.<sup>57</sup> También podrá alterarse la motilidad de los músculos extraoculares por desinserción o rotura de alguno de ellos, como resultado de una tracción excesiva de las suturas, o por localización del implante bajo alguno de estos músculos.<sup>58-61</sup>

### **I. 3. 2. 3. Cirugía vítreo-retiniana intraocular. Primeros pasos.**

El primero en hablar de cirugía del vítreo a través de la *pars plana* fue Von Graefe que describió, en el siglo XIX, el corte de una membrana vítrea con una aguja y la extracción de un cuerpo extraño intraocular con pinzas.<sup>62,63</sup> Algo más tarde, en 1890, Ford practicó la primera aspiración de vítreo opacificado para mejorar la visión.<sup>64</sup>

Desde entonces, cirugía vítrea posterior estuvo abandonada hasta que en 1950, Landegger realizó la extracción de una catarata y de vítreo opacificado,

sustituyéndolo por líquido cefalorraquídeo y vítreo de cadáver.<sup>65</sup> Unos años después Dodo apoyó la sustitución del vítreo como tratamiento de las opacidades vítreas severas,<sup>66</sup> además de describir el corte de membranas vítreas en estos pacientes.<sup>67</sup> En la década de 1960, Michaelson cortó una densa membrana vítrea a través de un abordaje transescleral con una aguja<sup>68</sup> y Kasner publicó la extracción casi completa del vítreo en un ojo con opacificación vítrea por amiloidosis mediante una técnica a cielo abierto.<sup>69,70</sup> La posibilidad de extraer el vítreo con relativa seguridad permitió el desarrollo moderno de la cirugía vítrea.

### **1. 3. 2. 4. Vitrectomía por vía *pars plana*. Inicios.**

En 1971 el mundo de la retinología se revolucionó. Robert Machemer ideó una técnica hasta entonces inimaginable: la vitrectomía. Machemer describió la extracción del humor vítreo y su sustitución por solución salina. Para ello, diseñó un único instrumento, conocido como *VISC* que, introducido a través de una incisión escleral de 2 mm a nivel de la *pars plana*, permitía succionar y cortar el vítreo, infundiendo solución salina de forma simultánea.<sup>71-73</sup> El extremo del terminal consistía en un pequeño tubo rotador interno contenido en un tubo externo que presentaba un orificio en la punta. El tubo interno aspiraba el vítreo, que a su vez era cortado por la rotación de dicho tubo sobre el orificio del tubo externo. La succión se obtenía manualmente, a través de una jeringuilla conectada al *VISC*. El líquido de infusión pasaba a través del tubo externo. Esta técnica fue utilizada por primera vez en un paciente con hemovítreo secundario a retinopatía diabética.<sup>73</sup>

En los años siguientes, aparecieron nuevos diseños de sondas de vitrectomía. Peyman construyó el *Vitrophage*: un vitreotomo a motor con función de aspiración y corte que contaba con un orificio de infusión en la punta, a 180° de la abertura de aspiración.<sup>74</sup> Poco después, Douvas diseñó otro instrumento de infusión, aspiración y

corte denominado *rotoextractor*. Disponía de puntas intercambiables que permitían el corte apical o lateral; además, contaba con un orificio de aspiración de 1,5 mm para eliminar el material del cristalino y de orificios más pequeños de 0,4 mm para extraer el vítreo.<sup>75</sup> Ya en 1974, Kreiger y Straatsma<sup>76</sup> diseñaron un terminal que constaba de dos tubos concéntricos. El tubo interno aspiraba el vítreo a través de un orificio lateral cuando estaba en posición inferior, y cortaba el vítreo cuando pasaba a posición superior.

### **I. 3. 2. 5. Vitrectomía 20-gauge y aparición de la técnica bimanual**

En 1974, O'Malley y Heintz<sup>77</sup> introdujeron la vitrectomía 20-gauge, de menor calibre que la anterior. Además, describieron la entrada al interior del ojo por medio de 3 vías de acceso, a través de esclerotomías lineales de 1.4 mm. Una situada a nivel temporal inferior, a través de la cual se introduciría la infusión, y otras dos localizadas en las regiones superior nasal y superior temporal, para el paso del vitreotomo y la sonda de iluminación, manipulados por las manos dominante y no dominante respectivamente. Al finalizar la vitrectomía, cada una de las entradas se suturaba con hilo reabsorbible. Este fue el inicio de la vitrectomía bimanual, que permitió el manejo simultáneo e independiente de dos sondas introducidas en el interior del ojo.



## **I. 3. 2. 6. Esclerotomías tunelizadas sin sutura en vitrectomía 20-gauge**

A principios de los años 90, con el establecimiento de la facoemulsificación como técnica quirúrgica de elección en la cirugía de catarata, la incisión corneal valvulada (también llamada tunelizada), unida a la aparición de lentes intraoculares, permitió el cierre sin suturas de la incisión creada por aposición de los bordes de la herida.<sup>78-81</sup>

Desde su aparición, la incisión corneal valvulada ha ido ganando adeptos en la cirugía de catarata, siendo la técnica de elección para la mayoría de los oftalmólogos en encuestas realizadas en el año 2003.<sup>82</sup> La ausencia de sutura reducía el astigmatismo postquirúrgico inducido y aceleraba la recuperación de los ojos operados, al eliminar la reacción inflamatoria producida por la presencia del hilo.<sup>83</sup>

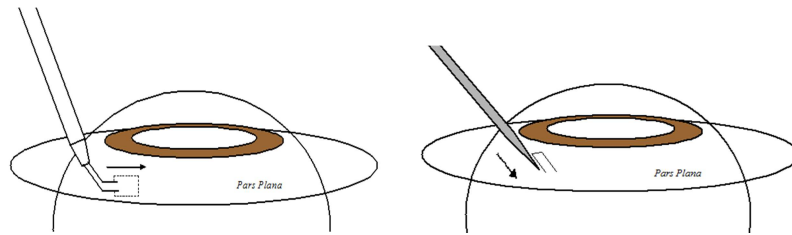
La incisión valvulada, empleada en la cirugía de cataratas se trasladó a las incisiones esclerales practicadas en vitrectomía. Hasta ese momento las esclerotomías se practicaban introduciendo un bisturí de 20-gauge perpendicularmente a la esclera, y al término de la cirugía, las incisiones se suturaban. Sin embargo, en 1996, Chen<sup>84</sup> describió la práctica de esclerotomías tunelizadas con capacidad de autosellado, que no requerían de sutura al finalizar la vitrectomía 20-gauge. Para ello, una vez realizada la peritomía conjuntival, practicaba, a 6 mm del limbo corneoescleral, una incisión hasta la mitad del espesor escleral, de 2 mm de longitud, que finalizaba a nivel de la *pars plana*, a 4 mm del limbo. A continuación, levantaba el tapete escleral creado e introducía un bisturí microvitreo-retiniano hacia la cavidad vítrea (figura 1).



**Figura 1.** Pasos quirúrgicos en la realización del túnel escleral 20-gauge. (Izquierda) En primer lugar se realiza, a 6 mm del limbo corneoescleral, una incisión perpendicular a la esclera y correspondiente a la mitad del espesor de esta. (Centro) A continuación, se crea un flap escleral de 2 mm de longitud, avanzando con el bisturí hacia el limbo corneal. (Derecha) Con un bisturí microvitreooretiniano, se practica una incisión hacia la cavidad vítrea, a nivel de la pars plana.

Con la práctica de incisiones esclerales tunelizadas, disminuyó la necesidad de sutura al concluir la vitrectomía, se acortaron los tiempos quirúrgicos y se redujo la irritación conjuntival secundaria a la sutura, que actuaba como cuerpo extraño. Además, gracias a la construcción de las incisiones, al sacar los instrumentos quirúrgicos no se observaban cambios bruscos en la presión intraocular por salida de líquido, de forma que el riesgo de sangrado intraocular por esta causa sería menor. Por otro lado, en caso de desprendimientos de retina móviles, al sacar los instrumentos intraoculares, habría menos riesgo de herniación de tejido retiniano a través de las esclerotomías.

En 1999, Kwok<sup>85</sup> describió una variación de la técnica descrita por Chen. En primer lugar, creaba un túnel escleral mediante una incisión de 2 a 3 mm, paralela al limbo esclerocorneal, a nivel de la *pars plana*. Para perforar la esclera, utilizaba una aguja 20-gauge en lugar del bisturí, evitando así dañar el tapete escleral. Finalmente fijaba la cánula de infusión a la esclera mediante un punto de sutura (figura 2).



**Figura 2.** (Arriba) En primer lugar practicaba un túnel escleral paralelo al limbo, de 2 a 3 mm de longitud con un bisturí. (Abajo) A continuación, perforaba la esclera de forma perpendicular, con una aguja de 20-gauge.

De esta manera, Kwok afrontaba dos de las limitaciones que presentaba la técnica de Chen. Por un lado, disminuía la dificultad suponía tener que realizar las incisiones en ojos con hendidura palpebral pequeña, ya que las entradas se situaban a 4 mm del limbo esclerocorneal, en lugar de los 6 mm de distancia que requería la técnica de Chen. Además, reducía el riesgo de lesión del cristalino por la punta de la infusión, ya que esta se inclinaría paralela al limbo, en lugar de anteriormente, debido a la dirección del flap escleral.

### **I. 3. 3. Siglo XXI**

#### **I. 3. 3. 1. Esclerotomías 23 y 25-gauge**

En el año 2002, Fujii<sup>86,87</sup> introdujo la vitrectomía mediante esclerotomías transconjuntivales de 25-gauge, sin necesidad de sutura. Para ello, insertó cada una de las tres cánulas atravesando conjuntiva y esclera a nivel de la *pars plana*, mediante una incisión directa, perpendicular a la superficie ocular, usando un trócar con punta biselada. Los instrumentos empleados en la vitrectomía se introdujeron a través de estas cánulas hasta la cavidad vítrea. Al finalizar la cirugía, retiró las microcánulas y las esclerotomías cerraron sin necesidad de sutura. No obstante, desplazó ligeramente la conjuntiva para romper el alineamiento existente entre la entrada escleral y conjuntival.

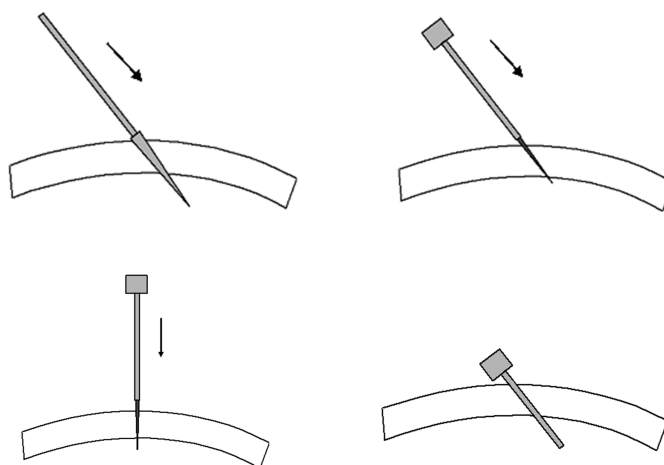
Estas microcánulas eliminaban la necesidad de realizar peritomías conjuntivales, permitían el intercambio de instrumentos entre las vías de entrada y protegían la base del vítreo. De esta forma, se reducía el tiempo necesario para la apertura y cierre de las esclerotomías, disminuía el trauma quirúrgico y se lograba una recuperación postoperatoria más rápida.

Esta técnica encontró una rápida aceptación por parte de la comunidad oftalmológica. No obstante, el sistema 25-gauge presentaba tasas de aspiración, de infusión y de corte menores que las de los sistemas convencionales 20-gauge. Además, la flexibilidad de sus instrumentos dificultaba la manipulación del ojo.

Con la intención de superar los inconvenientes ofrecidos por la vitrectomía 25-gauge, Eckardt<sup>88</sup> introdujo, en el año 2005, el sistema 23-gauge. Este ofrecía las ventajas de la vitrectomía descrita por Fujii, ya que se trataba de un procedimiento poco invasivo, además de los beneficios secundarios al uso de instrumental más largo

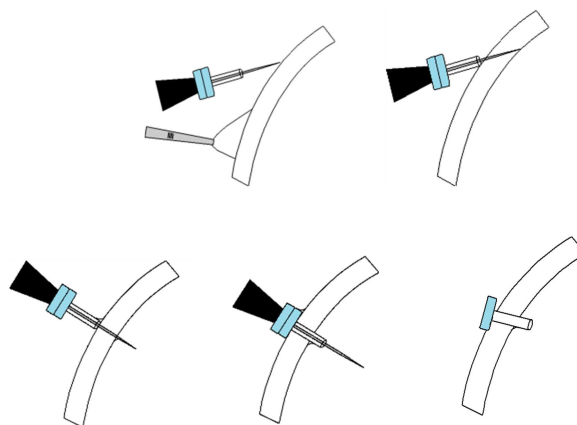
y estable. Al igual que Fujii, Eckardt empleaba tres microcánulas, pero en este caso de 23-gauge.

En un intento por mejorar la capacidad de cierre de las esclerotomías sin sutura, el autor describió la práctica de incisiones esclerales anguladas. Para ello en primer lugar, desplazaba la conjuntiva lateralmente 1 ó 2 mm y, con un bisturí de 23-gauge, realizaba cada una de las esclerotomías atravesando conjuntiva, esclera y *pars plana*. Las incisiones no eran directas, de forma que los trayectos describían un ángulo de entrada de 30 a 40° con la esclera, paralelamente al limbo corneoescleral. A continuación, en un segundo paso, insertaba la microcánula a través de las incisiones conjuntival y escleral con la ayuda de una guía (figura 3). Al término de las cirugías, y una vez retiradas las microcánulas, las incisiones quedaban cerradas sin necesidad de sutura.



**Figura 3.** Pasos quirúrgicos en la realización de la esclerotomía angulada 23-gauge por Eckardt. (Arriba izquierda) En primer lugar introducía el bisturí, describiendo un ángulo de 30 a 40° con respecto de la esclera. (Arriba derecha) Insertaba la microcánula siguiendo la incisión antes creada. (Abajo izquierda) Rectificaba la posición inclinada de la microcánula hasta ponerla perpendicular y sacaba la guía. (Abajo derecha) La cánula quedaba colocada, ligeramente inclinada.

Poco después, otros autores describieron también la práctica de incisiones oblicuas 25-gauge (figura 4).<sup>89, 90</sup>



**Figura 4.** Pasos quirúrgicos en la realización de la esclerotomía oblicua 25-gauge, descritos por López-Guajardo. (Arriba a la izquierda) En primer lugar desplazaba lateralmente la conjuntiva y comenzaba la incisión oblicua. (Arriba a la derecha) Fin de la penetración oblicua. (Abajo a la izquierda) Al llegar al comienzo de la cánula, cambia en el trayecto de entrada del esclerótomo. (Abajo en medio) Introducción perpendicular del trocar-cánula hasta el collar de la cánula. (Abajo a la derecha) Cánula colocada, ligeramente inclinada.

La práctica de esclerotomías oblicuas ha ido imponiéndose sobre la creación de incisiones directas en vitrectomía, dada la mayor capacidad de cierre que estas presentan y por tanto, la menor necesidad de sutura y el menor riesgo de hipotonía que conllevan.<sup>88-92</sup>

Como hemos visto, la cirugía vítreo-retiniana se trata de una parcela de la oftalmología que ha experimentado un gran desarrollo en los últimos tiempos. No obstante, se trata de un campo en constante desarrollo, que a buen seguro continuará evolucionando hacia la consecución de una técnica más segura y eficaz a la hora de afrontar los diferentes retos que se le propongan.

## **I. 4. VITRECTOMÍA POR VÍA *PARS PLANA***

---

### **I. 4. 1. Introducción**

La vitrectomía por vía *pars plana* es una técnica quirúrgica que consiste en la eliminación del tejido vítreo con un instrumento de aspiración y corte a través de una incisión realizada en la *pars plana*.

El vítreo es una estructura gelatinosa e indisecable de la retina, que no puede ser aspirada sin producir tracción sobre esta. Por ello, es indispensable asociar corte a la función de aspiración del vitreotomo que permita fragmentar el vítreo aspirado.

Para la práctica de la vitrectomía, se utilizan tres entradas esclerales situadas a 3-4 mm por detrás del limbo corneo-escleral. Una de ellas permite la infusión intraocular de solución salina balanceada, con la cual, el cirujano controla la presión intraocular. Los otros accesos se utilizan para introducir diversos instrumentos en la cavidad vítrea con los que cortar y extraer el gel vítreo, iluminar el segmento posterior y manipular los tejidos intraoculares.<sup>93</sup>

#### **I. 4. 2. Tipos de vitrectomía según calibre de esclerotomías e instrumentos**

Los calibres más utilizados en los instrumentos y las esclerotomías realizadas en vitrectomía, son los de 20, 23 y 25-gauge.

La vitrectomía tradicional implica la creación de incisiones de 20-gauge a nivel de la *pars plana*, tras disecar quirúrgicamente la conjuntiva. Las incisiones conjuntivales y esclerales se suturan al final de la intervención.

Con la aparición de la vitrectomía microincisional de 23 y 25-gauge, el menor diámetro de la incisión permitió plantearse la posibilidad de no utilizar suturas de forma más generalizada que con las esclerotomías de 20-gauge, al término de la cirugía. Los sistemas 23 y 25-gauge se basan en el empleo de microcánulas que se introducen a través de la conjuntiva y la esclera mediante un trocar de inserción. Estas microcánulas 23 y 25-gauge presentan un diámetro externo de 0,74 mm y 0,61 mm, y un diámetro interno de 0,56 mm y 0,42 mm respectivamente.<sup>94</sup> Al completar la cirugía y una vez retiradas las microcánulas, las esclerotomías se dejan sin sutura en ausencia de signos de incompetencia incisional. El uso de estas técnicas se extendió rápidamente, por lo que gran parte del material usado en vitrectomía 20-gauge pasó a estar disponible en los nuevos calibres.

Además de ofrecer la posibilidad de crear esclerotomías autosellables sin necesidad de sutura, los beneficios de la vitrectomía microincisional incluyen una curación más rápida de la herida, menos molestias en el paciente, menor cambio astigmático postoperatorio, menor tiempo invertido en la apertura y cierre de las esclerotomías, menor inflamación postoperatoria y menor necesidad de medicación tópica tras la cirugía, lo cual disminuye el riesgo de hipertensión intraocular inducida por corticoides. Además, la recuperación visual con el sistema 25-gauge es más



rápida que con la vitrectomía 20-gauge en pacientes con enfermedades similares.<sup>84,85,94-106</sup>

Las posibles desventajas que ofrecen los sistemas microincisionales sin sutura al término de la cirugía, incluyen mayor riesgo de endoftalmitis, de hipotonía y de desprendimientos coroides postoperatorios, debido al mayor riesgo de incompetencia incisional postquirúrgica.<sup>101,107-114</sup>

Ello nos indica que la incisión sin sutura no es un fin en sí mismo y que el cirujano debe suturar en caso de duda acerca de la capacidad de cierre incisional.<sup>83</sup> Además, pueden asociarse a mayor incidencia de desgarros y desprendimientos de retina durante y después de la cirugía, como consecuencia de una inadecuada vitrectomía periférica por el uso de instrumentos demasiado flexibles y la excesiva tracción vitreoretiniana a nivel de las esclerotomías.<sup>87,94,108,115</sup>

Por su parte, los sistemas de vitrectomía 20-gauge ofrecen instrumentos más funcionales y rígidos dado su mayor diámetro, vitreotomos más rápidos y eficientes, sondas de iluminación más brillantes, cánulas de extrusión con mayor succión, tijeras más curvadas e instrumentos más funcionales.<sup>116</sup> No obstante, los vitreotomos 23 y 25-gauge permiten realizar una vitrectomía de mayor precisión, más próxima a la retina, dada la menor distancia que existe entre la boca de entrada y la punta de la sonda.<sup>94</sup>

Actualmente, no todos los instrumentos quirúrgicos disponibles en vitrectomía 20-gauge lo están para vitrectomía 23 ó 25-gauge, como son el caso del facofragmentador y de algunos dispositivos utilizados para inyección y extrusión de aceite de silicona. En estos casos, el cirujano puede optar por usar instrumental 20-gauge o por un sistema híbrido que combine esclerotomías e instrumentos de 20, 23 y 25-gauge.<sup>116</sup>

Los sistemas de vitrectomía 25-gauge son especialmente ventajosos en pacientes con hemorragias vítreas aisladas que no se reabsorben o patologías quirúrgicas maculares, como membranas epimaculares, agujeros maculares o síndrome de tracción vitreomacular. A medida que el cirujano adquiere experiencia con este sistema, puede ampliar las indicaciones quirúrgicas a patologías más complejas y periféricas como reparación de desprendimientos de retina regmatógenos, tratamiento de la retinopatía del prematuro y otros problemas pediátricos, extracción de fragmentos de corteza del cristalino y reposición de lentes intraoculares. Las limitaciones de las indicaciones quirúrgicas se van reduciendo a medida que crece la lista de instrumental de 25-gauge disponible. Aunque no existen contraindicaciones absolutas para el sistema de 25-gauge, los desprendimientos de retina complejos con proliferación vitreoretiniana representan una patología de difícil abordaje para este sistema.<sup>117</sup>

Por su parte, los sistemas de 23-gauge combinan lo mejor de los sistemas 20 y 25-gauge, con esclerotomías autosellables sin sutura e instrumentos resistentes y funcionales.

### **I. 4. 3. Funciones del aparato de vitrectomía**

El sistema de vitrectomía es un aparato complejo, que integra diversas funciones necesarias para realización de la vitrectomía. Alguno de estos aparatos además, dispone de las prestaciones necesarias para la práctica de otras intervenciones, como cirugía de cataratas. Existen diversas marcas, que a su vez han lanzado diferentes modelos al mercado. Las principales funciones que incorporan estas máquinas, así como los instrumentos más importantes que se emplean en esta cirugía son los que nombro a continuación.

#### **I. 4. 3. 1. Flujo de infusión**

La línea de infusión, que mantiene el tono ocular constante, presenta un extremo fijado a una esclerotomía (normalmente temporal inferior) y otro extremo conectado a la botella que contiene el líquido de irrigación.

La infusión será activa si se controla por el sistema de vitrectomía, o pasiva, si depende de la altura de la botella. En el primer caso, la botella se sitúa a la misma altura del ojo a operar. En el segundo caso, el flujo de irrigación depende de la diferencia de presión existente entre los dos extremos del conducto de irrigación. De esta forma, cuando la aspiración del vitreotomo está en marcha, la presión relativa intraocular liberará el flujo de infusión. Este flujo de irrigación se detendrá si la aspiración del vitreotomo cesa y el tono ocular se equilibra con la altura del frasco. Si el flujo del vitreotomo sobrepasa el flujo máximo que puede proporcionar la línea de infusión, el volumen del globo no se mantendrá. En la práctica, se puede trabajar con la botella a una altura de 35 cm por encima del ojo del paciente sin riesgo de colapso durante la vitrectomía si no se sobrepasan los 200-300 mm Hg de aspiración.<sup>118</sup>

Algunas máquinas, con el fin de producir una hipertoniá que detenga un sangrado operatorio, permiten la elevación rápida de la presión de irrigación, ya sea por aumento activo de la presión infundida por el sistema de vitrectomía, o por elevación de la botella de irrigación.

Los líquidos de infusión utilizados son lactato de Ringer o solución salina equilibrada (BSS). En caso de mala dilatación de la pupila, se podrá añadir adrenalina a razón de una ampolla a 1/1000 para un frasco de 500 ml, siempre que exista acuerdo con el anestesista.<sup>118</sup>

#### **I. 4. 3. 2. Corte y aspiración del vitreotomo**

La mayoría de los vitreotomos están constituidos por un tubo exterior hueco, abierto en su extremidad por una ventana lateral por la que se efectúa la aspiración del vítreo, y una lámina cortante interna movilizada por movimientos alternativos que seccionan el vítreo que ha entrado por la ventana de aspiración. En la mayoría de los casos, estos movimientos son alternativos de arriba abajo, de modo que el vitreotomo funciona como una guillotina. En otros casos, el movimiento es oscilante, de forma que una cuchilla efectúa un movimiento semicircular de izquierda a derecha y de derecha a izquierda.<sup>118</sup>

El flujo de aspiración depende del calibre del vitreotomo, del vacío de aspiración, de la presión de infusión, de la tasa de corte y de la duración de cada ciclo de corte. De esta forma, el flujo de aspiración será más alto a mayor calibre del vitreotomo, mayor vacío de aspiración, mayor presión de infusión, menor frecuencia de corte y menor duración de cada ciclo de corte, ya que la entrada del vitreotomo estará ocluida menos tiempo. Por otro lado, la velocidad del flujo de aspiración a

través de la entrada del vitreotomo afectará al flujo de vítreo y a la tracción que sufra la retina durante la intervención.<sup>119</sup>

Cuando se trabaja en la parte central del vítreo, se puede utilizar una aspiración relativamente alta con una frecuencia de corte media sin demasiado riesgo. Sin embargo, en el momento en que nos acercamos a la retina periférica y, más concretamente, si esta es móvil debido a un desprendimiento, existe riesgo de introducir retina en la ventana del vitreotomo y de producir un desgarro iatrogénico, especialmente si la aspiración es elevada. Por este motivo, cuando trabajemos cerca de la retina será necesario disminuir el flujo de aspiración, así como aumentar la frecuencia de corte del vitreotomo.<sup>118</sup>

La aspiración del sistema de vitrectomía podrá ser, según el aparato, de tipo peristáltica o de tipo Venturi.

La bomba peristáltica asegura una aspiración a flujo constante, sea cual sea la viscosidad de la estructura aspirada. Además, no existirá aspiración a menos que haya oclusión de la ventana del vitreotomo. Por esta razón, el tiempo de latencia hasta la activación de la aspiración será lento. La ventaja de este sistema es que permite trabajar en las proximidades de la retina sin riesgo de aspirarla, ya que la aspiración no comenzará hasta que el vítreo haya ocluido la ventana y el flujo de aspiración sea exactamente el deseado. Para trabajar en la retina periférica, se utilizará una aspiración débil con escasa frecuencia de corte, lo que evitará las tracciones sobre la retina periférica y los vaivenes de la retina en cada corte.<sup>118</sup>

Por su parte, la bomba Venturi ofrece una aspiración con vacío constante, por lo que la respuesta a la variación del reglaje de aspiración es casi inmediata. El flujo real de aspiración variará según la viscosidad del vítreo aspirado. En la periferia retiniana, conviene trabajar con aspiración débil y una frecuencia de corte elevada. De esta forma, se evitan tracciones y movimientos de vaivén de la retina, además de

disminuir el riesgo de aspirar retina a través de la ventana. Por ello, se han desarrollado vitreotomos con velocidades de corte muy elevadas, pudiendo llegar alcanzar los 2500 cortes/min.<sup>118</sup>

Por el momento, la elección entre una bomba y otra depende fundamentalmente del cirujano y, a pesar de que el sistema Venturi es el más difundido en el momento actual, ninguno de los dos se ha impuesto claramente.

El control del corte y la aspiración durante la vitrectomía se hace a través del pedal. El control de la aspiración podrá ser en modo lineal, lo que significa que cuanto más se pisa el pedal mayor es la aspiración. La frecuencia de corte por su parte, podrá ser fija o regularse de modo lineal. El aparato permite configurar los rangos (máximos y mínimos) entre los que podremos regular la aspiración y la frecuencia de corte con el pedal. Actualmente, la mayoría de aparatos permiten variar la aspiración y la frecuencia de corte con el pedal al mismo tiempo. En estos casos, el modo 3D proporciona aspiraciones elevadas y frecuencias de corte bajas al pisar a fondo el pedal (ideales para vitrectomía central), así como aspiraciones bajas y velocidades de corte elevadas al levantar el pie del pedal (apropiadas para la vitrectomía periférica). Por último, el pedal suele poseer una función que permite parar el corte y trabajar sólo con aspiración.<sup>118</sup>

### **I. 4. 3. 3. Iluminación**

Para iluminar el interior del ojo se emplea una sonda de luz endocular calibrada, que se maneja con la mano no dominante y que aporta una luz fría de intensidad regulable. La sonda se conecta mediante una fibra óptica a la propia máquina de vitrectomía, o a una fuente de iluminación accesoria. Conviene mantener la sonda de luz a cierta distancia de la retina ya que, de este modo, se evitarán reflejos y deslumbramientos, habrá menor riesgo de provocar fototraumatismo y,

dada la naturaleza divergente del haz de luz, el campo iluminado será mayor. Como aspectos positivos, este sistema de iluminación ofrece una buena luminosidad, una buena visualización del vítreo y ausencia de reflejos.<sup>118</sup> Actualmente, la luz de xenón ha supuesto un importante salto de calidad con respecto de la luz halógena convencional, en lo que a luminosidad se refiere.<sup>118</sup> De esta forma, mientras la antigua luz halógena ofrecía 10, 6 y 5 lumen en las sondas 20, 23 y 25-gauge respectivamente, la nueva luz xenón alcanza los 65, 37 y 30 lumen en los diferentes calibres.<sup>94</sup>

A diferencia de la iluminación transcorneal, la endoiluminación elimina los reflejos luminosos y la dispersión de la luz a nivel de la lente de contacto, la córnea, el cristalino o la lente intraocular, lo que mejora mucho la visualización. La iluminación focal con un haz de luz moderadamente divergente mejora la visualización del vítreo, las membranas epirretinianas relativamente transparentes y la membrana limitante interna, en comparación con la iluminación difusa de una lámpara o una luz accesorio *Chandelier*.<sup>120</sup>

Por otro lado, existen sistemas de iluminación adicional como la luz *Chandelier*, que puede actuar como luz de apoyo a la sonda de luz principal, o como única fuente de iluminación. En este último caso, liberan la mano no dominante de tener que portar necesariamente la sonda de luz.<sup>121</sup>

Algunos instrumentos quirúrgicos utilizados en la cirugía de retina, disponen de iluminación incorporada. Esto permite liberar la mano no dominante de la sonda de luz, pudiéndola utilizar para el manejo de otros instrumentos. No obstante, dado que el terminal de luz está relativamente cerca de la retina, sólo permite un campo iluminado de pequeño tamaño. Por esta razón, cuando se efectúa una cirugía bimanual con instrumentos con iluminación incorporada, estos deben estar presentes en ambas manos, de manera que uno ilumine al otro. Otro inconveniente de estos instrumentos, es la extrema fragilidad que presentan.<sup>118</sup>

En algunos quirófanos, el microscopio quirúrgico incorpora una lámpara de hendidura, que emite una luz a 5° a la derecha o a la izquierda del eje vertical del microscopio. Como aportes positivos, destaca el hecho de que libera la mano no dominante, para indentar por ejemplo, y representa un riesgo de fototraumatismo bajo. No obstante, la visualización del vítreo será menos evidente que con la iluminación por sonda de luz endocular, y la aparición de reflejos será frecuente.<sup>118</sup>

#### **I. 4. 3. 4. Instrumentación complementaria**

Con frecuencia, las cirugías endoculares no se limitan a la ablación del vítreo, sino que asocian maniobras sobre la superficie de la retina que requieren el uso de diversos instrumentos. Entre ellos se encuentran diferentes pinzas (rectas o acodadas, lisas o con dientes) utilizadas para sujetar membranas epirretinianas, así como tijeras (curvas o de ángulo recto, de acción vertical u horizontal) empleadas para cortar estructuras o practicar retinotomías. Algunos de estos instrumentos podrán disponer de iluminación propia. Otros instrumentos utilizados en la vitrectomía serán lancetas calibradas para realizar los orificios de vitrectomía, cánulas de extrusión, sondas de endoláser, clavos esclerales y llave de tres vías.<sup>118</sup>

Las lancetas calibradas, también llamadas esclerotomos o trócares, permiten la realización de esclerotomías calibradas del mismo tamaño que las cánulas utilizadas en vitrectomía microincisional 23 ó 25-gauge, así como del terminal de infusión, de la luz endocular o de la sonda del vitreotomo en el caso de las vitrectomías 20-gauge. De esta forma, se logra que el orificio escleral se ajuste lo suficiente al instrumento que en él se introduce, y que el tono del globo se mantenga durante la vitrectomía.<sup>118</sup> Los calibres más utilizados son los de 20, 23 y 25-gauge.

Las cánulas de extrusión, que permiten la aspiración de fluidos intraoculares, no son más que un tubo hueco calibrado. El extremo que penetra en la cavidad vítrea



está provisto de una pequeña contera flexible de silicona cuyo objeto es el de no lesionar las estructuras intraoculares; el otro extremo puede insertarse en una jeringa o bien dejarse libre. En el primer caso, la aspiración se realiza de forma activa, manipulando el émbolo de la jeringa. En el segundo caso, la aspiración se da de forma pasiva por la diferencia existente entre las presiones atmosférica e intraocular. Estas cánulas cuentan con un sistema de reflujo que consiste en un pequeño recipiente de silicona flexible situado en la extremidad libre de la cánula, que incluye un pequeño agujero que comunica el recipiente con el exterior. Cuando el flujo de aspiración ha aspirado una estructura noble, como por ejemplo la retina, basta con poner el dedo sobre el orificio del recipiente, lo que interrumpe la aspiración pasiva, y, apoyándonos ligeramente sobre este recipiente flexible, desplazar su contenido de nuevo hacia la cavidad retiniana. Las cánulas de extrusión permiten aspirar perfluorocarbono, aire, solución salina equilibrada, sangre y líquido subretiniano a través de una dehiscencia.<sup>118</sup>

Las sondas de endoláser se utilizan para la aplicar retinopexia alrededor de desgarros o de empalizadas retinianas, así como para panfotocoagular pacientes diabéticos. Estas sondas liberan un haz de láser monocromático verde. En muchos casos, el láser se aplica asociado a indentación, a fin de visualizar la retina periférica y presentar su superficie perpendicularmente al haz de láser. Dado el riesgo que existe de lesionar la cara posterior del cristalino al trabajar en la periferia de la retina, existen también sondas de láser curvas. En la actualidad se está imponiendo la sonda láser multidireccional retráctil, que permite extender el extremo curvo de la sonda en el interior del ojo, facilitando la aplicación de láser en la periferia de la retina. Los aparatos de láser permiten regular diferentes parámetros, como la potencia del láser y el tiempo de exposición de cada impacto. El haz de láser liberado es divergente, de modo que cuanto más se aleja la sonda de la retina, mayor es el diámetro del impacto. En principio, se comienza colocando la sonda lejos de la retina, para acercarse progresivamente a ella hasta que el láser deje una señal blanquecina.<sup>118</sup>

Se dispone de sondas de endodiatermia bipolar de 20, 23 y 25-gauge que pueden usarse para coagular focos de neovascularización sobreelevada, coagular vasos en el seno de una membrana epirretiniana diabética antes de la segmentación, coagular vasos retinianos antes de la retinectomía o ayudar a crear y marcar las retinotomías de drenaje. La neovascularización papilar sobreelevada debe tratarse muy cuidadosamente con baja energía y una separación mínima de 0,75 mm de la superficie del nervio óptico, para evitar dañar las fibras nerviosas y los vasos sanguíneos.<sup>120</sup>

Contamos con tapones para cerrar transitoriamente las esclerotomías cuando estas dejen de estar obturadas por algún instrumento. De esta forma, disminuimos el riesgo intraoperatorio de incarceration vítrea o de la retina, si se encuentra desprendida en ese lugar. Existen también cánulas valvuladas que evitan el uso de estos tapones. No obstante, el inconveniente que presentan es la dificultad que supone introducir las cánulas con punta de silicona a través de ellas.

Situamos una llave de tres pasos entre el tubo de irrigación y el terminal de irrigación. Esta llave permite abrir y cerrar la irrigación a demanda, e introducir algún otro fluido al interior del ojo, como silicona, aire o algún otro tipo de gas. Esta llave de tres vías es indispensable en la vitrectomía para el desprendimiento de la retina, que incluye casi siempre un taponamiento interno.<sup>118</sup>

### **I. 4. 3. 5. Otras funciones del sistema de vitrectomía**

Otras funciones que se encuentran habitualmente en los aparatos de vitrectomía son las siguientes:

- Bomba de aire que permite insuflar aire a presión constante en el globo ocular.
- Bomba de silicona para la inyección de aceite de silicona, que requiere de presión elevada debido a su alta viscosidad.
- Segunda vía de aspiración.
- Fragmentador, que permite la fragmentación de una catarata en el segmento posterior.

## **I. 4. 4. Visualización del segmento posterior**

### **I. 4. 4. 1. Microscopio quirúrgico**

Para la práctica de la vitrectomía, es necesario contar con un microscopio quirúrgico binocular que ofrezca hasta 30 aumentos e iluminación coaxial. El microscopio debe tener un divisor de haz que facilite el seguimiento de la cirugía mediante televisión a todo el equipo quirúrgico presente en el quirófano, además de poder dar la opción de grabar la intervención en un disco duro o en un sistema de grabación digital de DVD. Un cirujano ayudante debería compartir la visión del cirujano, preferentemente con estereopsia.<sup>120</sup>

El control de la posición del microscopio puede hacerse con el pie o con la voz. El control con la voz es más lento, específico del cirujano y menos preciso. Son necesarios un zoom potente, un objetivo y la colocación en los ejes XY.<sup>120</sup>

Es necesaria la estabilidad física del microscopio y de la cabeza del paciente para conservar la estabilidad dimensional de la visión quirúrgica para la microcirugía. Los microscopios montados en el techo son menos estables que los microscopios montados en el suelo. Las mesas de operaciones son bastante inestables cuando los otros miembros del quirófano contactan con ellas. Es necesario un apoyo estable para la muñeca del cirujano, bien sobre los raíles laterales de la camilla o bien sobre un cabecero accesorio, que cree un foso alrededor de la cabeza del paciente para recoger los líquidos que puedan derramarse y los instrumentos quirúrgicos que caigan accidentalmente. El objetivo es conseguir una relación mecánica estable entre el microscopio, la cabeza del paciente, las manos del cirujano y la mesa que está apoyada en el suelo.<sup>120</sup>

## **I. 4. 4. 2. Lentes quirúrgicas**

Las técnicas de visualización del segmento posterior durante la vitrectomía podrán clasificarse según ofrezcan una imagen directa o indirecta (invertida) del fondo de ojo.

- ***Imagen directa***

Para visualizar el segmento posterior de modo directo, es necesario compensar la potencia del ojo, anulando el dioptrio corneal. Para ello, se utilizan lentes de contacto colocadas sobre la cara anterior de la córnea. Las lentes de contacto de alto índice de refracción ofrecen una gran calidad óptica y pueden ser esterilizadas. También existen lentes de contacto de polimetilmetacrilato (PMMA) desechables que aseguran una calidad siempre perfecta.<sup>118</sup>

Las lentes de contacto podrán ofrecer imágenes de la periferia retiniana o de la zona central del polo posterior. Las primeras son lentes achafanadas que logran su objetivo mediante un efecto prismático; el ángulo que forma la cara anterior de la lente con la horizontal determina el nivel de periferia ofrecido. Las segundas vienen determinadas por su radio de curvatura anterior, el cual será directamente proporcional a la magnificación que ofrezcan, e inversamente proporcional al campo de visión que nos brinden. De esta forma, una lente de contacto central para el polo posterior, cuya cara anterior es plana, permite una magnificación de 1x y un ángulo de visión de aproximadamente 36°. Por otro lado, una lente de contacto ligeramente convexa permite una magnificación de 1,5x y un ángulo de visión de aproximadamente 30°. Por último, existen también lentes de contacto biconvexas que permiten visualizar el segmento posterior a través de una burbuja de gas.

La estabilidad de la lente de contacto puede asegurarse con un anillo de silicona alrededor de la lente, con un anillo metálico suturado a limbo con o sin sistema de irrigación, o con un soporte manual para la sujeción de la lente.

Las lentes de contacto directas ofrecen gran magnificación de la imagen, buena visión del relieve, gran profundidad de campo, luminosidad importante, libertad de movimientos del globo ocular y estabilidad en la sujeción. Por contra, el campo de visión es pequeño, la dilatación pupilar insuficiente es molesta y se requieren varias lentes de contacto en el equipo quirúrgico para satisfacer las necesidades del cirujano.<sup>118</sup>

- ***Imagen indirecta***

Mientras la imagen directa tiende a anular la potencia dióptrica del ojo, la indirecta por el contrario, la refuerza para obtener una imagen invertida, enfocada por encima de la córnea. Por esta razón, este sistema necesita de un inversor que desinvierta la imagen que llega al cirujano.

Las lentes indirectas ofrecen un gran campo de visión y visibilidad menos dependiente de mala dilatación o de enturbiamiento de medios. No obstante, ofrecen baja magnificación de la imagen, escasa profundidad de campo y por tanto mala percepción de relieve, luminosidad débil y estabilidad limitada de la lente de contacto a pesar de los anillos que nos asistan. Además, los movimientos en los ejes XY del microscopio son invertidos respecto de la imagen que se recibe.<sup>118</sup>

Las lentes indirectas podrán ser de contacto o de no contacto. Las primeras, se posicionan sobre la córnea después de instilar una solución de metilcelulosa sobre su superficie. Las segundas, se interponen entre el ojo y el microscopio, en un soporte que se acopla a este último. Uno de estos sistemas es el BIOM (binocular indirect ophthalmomicroscope), cuya lente se enfoca rotando el mando en

“sacacorchos” del brazo de la lente.<sup>119</sup> Entre las ventajas que aporta este último sistema, destaca la ausencia de contacto con la córnea, de traumatismos sobre ella y de contaminación por sangre. Además, no requiere la presencia de asistente y permite la rotación libre del ojo.

## **I. 4. 5. Indicaciones de vitrectomía *pars plana***

### **I. 4. 5. 1. Patologías retinianas**

- ***Desprendimiento de retina***

El desprendimiento de retina consiste en la separación de la retina neurosensorial del epitelio pigmentario subyacente.

Los objetivos de la vitrectomía por vía *pars plana* en el desprendimiento de retina regmatógeno son extraer el vítreo cortical adherido al desgarro retiniano, drenar el líquido subretiniano mediante aspiración con el vitreotomo o con la ayuda de perfluorocarbono, taponar las roturas con aire, gas o aceite de silicona, y crear adherencias coriorretinianas alrededor de cada una de estas roturas, bien mediante fotocoagulación con endoláser o bien mediante crioterapia. La vitrectomía podrá asociar la imposición de cerclaje escleral.<sup>93</sup>

Si el desprendimiento de retina presenta proliferación vitreoretiniana, retinopatía diabética proliferativa, o proliferación fibrovascular diabética puede ser necesario denudar las membranas epirretinianas para completar la reinserción de la retina. En casos de proliferación vitreoretiniana extensa, puede ser necesaria una retinotomía relajante o una retinectomía.<sup>93</sup>

El taponamiento postoperatorio generalmente se consigue con aire intraocular o con concentraciones no expansibles de gas SF<sub>6</sub> o C<sub>3</sub>F<sub>8</sub> si existe rotura retiniana, aunque los casos complejos pueden precisar el uso de aceite de silicona.<sup>93</sup>

Están especialmente indicados a tratar con vitrectomía los desprendimientos de retina complicados que presenten rotura retiniana gigante, diálisis retiniana, desgarros múltiples o proliferación vitreoretiniana. También constituirán con



frecuencia indicación de vitrectomía los desprendimientos traumáticos, diabéticos traccionales, infantiles, postinfecciosos secundarios a infección por citomegalovirus, necrosis retiniana aguda o necrosis retiniana externa, y los desprendimientos regmatógenos ocurridos en pacientes afáquicos o pseudofáquicos.

- ***Membrana epirretiniana***

La membrana epirretiniana consiste en la presencia de un tejido fibrocelular avascular semitranslúcido, situado en la zona más interna de la retina, a lo largo de la membrana limitante interna. La existencia de estas membranas epirretinianas podrá constituir indicación de vitrectomía más pelado de dicha membrana, especialmente si ocasionan pérdida de agudeza visual importante, o distorsión marcada de la visión central. Los pacientes que refieren metamorfopsias son los que más se pueden beneficiar de esta operación.<sup>93</sup>

Después de realizar la cirugía, el 60-80% de los pacientes experimenta una mejoría de 2 o más líneas en la agudeza visual. Las complicaciones intraoperatorias de esta cirugía incluyen el desgarro o desprendimiento de retina en aproximadamente el 5% de los casos.<sup>122</sup> La vitrectomía parcial parece aumentar el riesgo de padecer complicaciones postoperatorias, como desgarros retinianos, desprendimientos de retina, incarceration vítrea o proliferación vitreorretiniana.<sup>123</sup> Por su parte, la cirugía sin vitrectomía se asocia a mayor tasa de recurrencias de membrana epirretiniana.<sup>124</sup> Por tanto, muchos autores recomiendan la práctica de una vitrectomía completa.<sup>123</sup>

- ***Agujero macular***

El agujero macular se trata de un defecto en el espesor de la retina neurosensorial foveolar. Esta alteración irá desde el adelgazamiento parcial retiniano en estadios iniciales, hasta la afectación de todo el espesor foveolar en fases más avanzadas.

La práctica de vitrectomía por vía *pars plana*, resecando el vítreo cortical posterior, más la retirada de la membrana limitante interna y el taponamiento intraocular con gas están indicados en los agujeros maculares que afectan a todo el grosor macular (estadios de *Gass* 2, 3 y 4). Las complicaciones de la vitrectomía por agujero macular incluyen aparición de catarata, glaucoma secundario, desprendimiento de retina, pérdida de campo visual y reapertura tardía del agujero macular.<sup>93,125</sup>

- ***Síndrome de tracción vitreomacular***

En el síndrome de tracción vitreomacular, existen adherencias vítreas sobre la mácula, que pueden provocar elevaciones foveolares focales, visibles mediante tomografía de coherencia óptica. Los síntomas clínicos de esta entidad incluyen disminución y distorsión de la visión. Este síndrome con frecuencia es progresivo y se asocia a mayor pérdida visual que las membranas epirretinianas aisladas. La cirugía supone la práctica de vitrectomía por vía *pars plana*, separando el vítreo de la retina. El uso intraoperatorio de triamcinolona puede ayudar a visualizar la membrana vítrea cortical.<sup>93</sup>

- ***Hemorragia submacular***

Las hemorragia intrarretinianas submaculares, que se localizan entre el epitelio pigmentario de la retina y la retina neurosensorial, pueden presentar una evolución clínica muy variable. Muchas hemorragias pequeñas se resuelven espontáneamente sin comprometer la visión. Sin embargo, los pacientes con hemorragias de mayor tamaño y aquellos con degeneración macular asociada a la edad (DMAE) neovascular submacular, suelen presentar una mala evolución visual. En estos casos, se puede plantear la práctica de una vitrectomía para la extracción de la sangre.<sup>93</sup> El *Submacular Surgery Trial* no encontró evidencias de que la vitrectomía mejorara la agudeza visual final en pacientes con hemorragia submacular secundaria a DMAE, en comparación con la simple observación. Sin embargo, reducía el riesgo de pérdidas de visión graves.<sup>126</sup>

Una técnica de vitrectomía alternativa supone el desplazamiento neumático de la sangre subretiniana, sin intentar extraerla. Esta técnica requiere la práctica de una vitrectomía estándar, la administración de activador del plasminógeno tisular (t-PA) en el espacio subretiniano y la introducción de aire en el ojo. El posicionamiento postquirúrgico en decúbito prono puede producir el desplazamiento extramacular de la sangre.<sup>93</sup>

- ***Edema macular cistoide***

El edema macular cistoide se define como un acúmulo de líquido intrarretiniano a nivel de las capas plexiforme externa y nuclear interna de la retina, que por su disposición anatómica en la región foveal tiende a formar espacios quísticos. Esta entidad podrá aparecer como complicación de una cirugía ocular, especialmente después de una cirugía de catarata, aunque también se ha descrito

después de otros procedimientos como trabeculectomía, queratoplastia penetrante o capsulotomía posterior con láser YAG. Además, puede asociarse a procesos inflamatorios intraoculares o a enfermedades retinianas como retinitis pigmentaria o trombosis venosas.<sup>127-129</sup>

El edema macular cistoide tras cirugía del segmento anterior suele resolverse de forma espontánea. El tratamiento con fármacos tópicos, como colirios de fármacos antiinflamatorios no esteroideos o de corticosteroides, solos o combinados,<sup>130</sup> constituye el tratamiento de primera línea en estos pacientes. Se pueden utilizar corticoesteroides perioculares en los casos que no respondan a la anterior terapia. Por otro lado, la inyección intravítrea de fármacos anti-VEGF o triamcinolona también pueden ser eficaces para tratar esta patología. Cuando la pérdida visual no responde al tratamiento médico ni a las inyecciones, la vitrectomía por vía *pars plana* puede favorecer la resolución del edema macular y mejorar la agudeza visual.<sup>93,131</sup>

- ***Retinopatía del prematuro***

La retinopatía del prematuro es una retinopatía proliferativa que puede afectar a los recién nacidos pretérmino de bajo peso al nacer que, a menudo, han estado expuestos a ambientes con altas concentraciones de oxígeno.<sup>58</sup>

Para su tratamiento, se recomienda la ablación de la retina inmadura avascular con crioterapia o fotocoagulación con láser en niños con enfermedad umbral. Por su parte, la cirugía vitreoretiniana, indicada en caso de desprendimiento de retina traccional, suele presentar una mala evolución visual.<sup>58</sup>

## I. 4. 5. 2. Patologías vítreas

- ***Hemorragia vítrea***

La hemorragia vítrea puede estar causada por diferentes motivos. El más frecuente es la existencia de una retinopatía diabética proliferativa de base, que desencadena un sangrado hacia la cavidad vítrea. Otras causas posibles de hemovítreo, son la existencia de un desgarro retiniano sin desprendimiento, un desprendimiento de vítreo posterior, un desprendimiento de retina regmatógeno y la presencia de neovascularización retiniana secundaria a obstrucción de vena central o de rama venosa de la retina. El síndrome de Terson, consiste en la presencia de una hemorragia vítrea, subhialoidea o sub-membrana limitante interna, en pacientes con hemorragia intracraneal súbita. En los niños además, consideraremos un traumatismo previo en el diagnóstico diferencial de una hemorragia vítrea.<sup>93</sup>

En primer lugar, será importante descartar la presencia de desprendimiento de retina mediante ecografía. Por su parte, la vitrectomía se planteará en aquellos casos en los que el hemovítreo no se resuelva espontáneamente. En cuanto al momento en que debe realizarse la vitrectomía en hemorragia vítrea secundaria a retinopatía diabética que no aclara, habrá que tener en cuenta diversos factores, como la densidad del hemovítreo o el tipo de diabetes mellitus que padece el paciente, ya que diversos estudios han demostrado que el beneficio de la cirugía es mayor en los pacientes con diabetes tipo 1 que en los de tipo 2.<sup>132,133</sup>

- ***Amiloidosis***

La amiloidosis es una enfermedad causada por el depósito de amiloide en diferentes órganos del cuerpo, que puede provocar diversas alteraciones según la localización y el grado de afectación que presente. Se puede producir opacificación bilateral del vítreo como manifestación temprana de la amiloidosis familiar dominante. La vitrectomía puede estar indicada por la presencia de opacidades vítreas cuando los síntomas justifiquen la intervención, aunque podrán aparecer opacidades recurrentes en el vítreo residual.<sup>93</sup>

- ***Hialosis asteroidea grave***

La hialosis asteroidea es un proceso degenerativo ocular que consiste en la formación de pequeñas opacidades blanco amarillentas en el humor vítreo, que corresponden a fosfolípidos y calcio. En general, se trata de un proceso benigno sin repercusiones sobre la visión, que se detecta de forma fortuita durante una exploración oftalmológica. No obstante, en aquellos casos en los que la agudeza visual se vea afectada, o cuando exista una patología retiniana subyacente que exija de exploración detallada del fondo de ojo, podrá indicarse la vitrectomía.<sup>93</sup>

### I. 4. 5. 3. Glaucoma

- ***Glaucoma maligno***

En el glaucoma maligno existe una mala dirección del flujo de humor acuoso. El córtex vítreo es empujado en dirección anterior, causando un bloqueo pupilar. En ocasiones, la dilatación farmacológica de la pupila es suficiente para disminuir la presión intraocular. A veces, la fotodisrupción del córtex vítreo con láser YAG ayuda a cambiar la dinámica del flujo del humor acuoso. Si estas maniobras no invasivas resultan insuficientes, la vitrectomía por vía *pars plana* suele disminuir con rapidez la presión intraocular.<sup>134</sup>

- ***Glaucoma de células fantasma***

El glaucoma por células fantasma es un glaucoma secundario de ángulo abierto causado por la presencia de hematíes degenerados (células fantasma) que bloquean la malla trabecular. Este glaucoma puede aparecer después de una hemorragia vítrea. Las células se forman de 1 a 3 meses después de una hemorragia vítrea y acceden a la cámara anterior. La presión intraocular puede elevarse hasta producir edema corneal.

Este glaucoma suele resolverse una vez que desaparece la hemorragia. Inicialmente, el tratamiento de elección consiste en administrar supresores del humor acuoso. Si el tratamiento médico no consigue controlar la elevación de la presión intraocular, algunos pacientes requerirán irrigación de la cámara anterior, vitrectomía por vía *pars plana* o trabeculectomía. Cuando existe una colección de hematíes o células fantasma en el vítreo, suele ser necesario realizar una vitrectomía *pars plana* para controlar eficazmente la hipertensión ocular.<sup>135</sup>

- ***Glaucoma neovascular asociado a hemorragia vítrea***

El glaucoma neovascular se produce por crecimiento de vasos anómalos que obstruyen las estructuras oculares de drenaje del humor acuoso. En estos casos, se debe realizar con urgencia una fotocoagulación panretiniana láser, combinada con tratamiento tópico hipotensor. Cuando los vasos regresan y si persiste la hipertensión, se puede realizar una cirugía filtrante para controlar el glaucoma. En los casos que asocien hemorragia vítrea por sangrado de neovasos retinianos, se practicará una vitrectomía previa, que permita realizar la posterior fotocoagulación panretiniana con láser. En casos muy severos, se pueden combinar la vitrectomía con implantación de válvulas filtrantes para el glaucoma.<sup>136</sup>



## I. 4. 5. 4. Otras indicaciones

- ***Endoftalmitis infecciosa***

La endoftalmitis infecciosa se trata de una patología grave en la que se encuentran implicadas la retina, la úvea y el vítreo. Según la procedencia del agente infeccioso, la endoftalmitis podrá ser endógena, si el germen procede del torrente sanguíneo, o exógena, en cuyo caso existirá como antecedente previo una cirugía ocular o una herida penetrante traumática. La endoftalmitis exógena postoperatoria, que es la que mayor incidencia presenta, podrá ser aguda o crónica. La primera se da típicamente en los primeros días después de la cirugía y presenta un curso fulminante. La segunda puede aparecer meses o años después de la intervención, mostrando una virulencia mucho menor que la anterior.

El principal estudio que evaluó el efecto de la vitrectomía en endoftalmitis postoperatoria aguda fue el *Endophthalmitis Vitrectomy Study*.<sup>137</sup> Este estudio reunió pacientes afectados de endoftalmitis postoperatoria aguda, acontecida dentro de las 6 semanas siguientes a la cirugía intraocular. Los pacientes se distribuyeron en dos grupos de forma aleatoria. Unos recibieron inyecciones intravítreas y subconjuntivales de antibióticos (vancomicina y amikacina) mientras otros se sometieron además a vitrectomía. El estudio concluyó que la vitrectomía era beneficiosa en pacientes con visión de percepción de luz. Mientras, aquellos con agudeza visual de movimiento de manos o mejor tenían una evolución postoperatoria equivalente en ambos grupos de tratamiento.

Por otro lado, los pacientes con endoftalmitis crónica, presentan inflamación intraocular progresiva e indolente a lo largo de meses o años después de una cirugía ocular, principalmente de cataratas. La endoftalmitis por *Propionibacterium acnes* suele presentar una placa blanca periférica dentro de la bolsa capsular, e inflamación

granulomatosa crónica asociada. En estos casos, estará indicada la práctica de vitrectomía por vía *pars plana*, capsulectomía parcial con extracción dirigida de la placa blanca intracapsular e inyección intravítrea de vancomicina 1 mg, adyacente a la bolsa capsular. En caso de recurrencia de la enfermedad, se debe plantear la extracción de la bolsa capsular al completo, con extracción o cambio de la lente intraocular.<sup>138</sup>

- ***Luxación posterior del cristalino***

La luxación o subluxación posterior del cristalino podrá ser congénita (ectopia lentis) o adquirida. Las primeras pueden aparecer en casos de homocisteinuria, síndrome de Marfan y síndrome de Weill-Marchesani (microesferofaquia). Las segundas podrán ser espontáneas, traumáticas o postquirúrgicas. Estas últimas suelen provocar luxación de fragmentos del cristalino. Las otras causas provocarán con mayor frecuencia luxaciones del cristalino completo. Dentro de las complicaciones que pueden presentar estos pacientes destaca la disminución de la agudeza visual, hipertensión ocular, edema corneal e inflamación intraocular. La extracción del cristalino luxado a vítreo requiere de vitrectomía y facofragmentación. Se practicará vitrectomía en cámaras anterior y posterior, para liberar el área pupilar del vítreo.<sup>139</sup>

- ***Luxación de lente intraocular***

En caso de luxación posterior de una lente intraocular, se practica vitrectomía para eliminar las adherencias que existan entre la lente y el vítreo. De esta forma, se minimiza la tracción del vítreo sobre la retina cuando se manipule la lente, que se reimplantará en la cámara anterior, en el surco ciliar si existe soporte adecuado, suturada a iris o esclera, o insertada en túneles esclerales.<sup>93</sup>

- ***Cuerpo extraño intraocular***

La presencia de un cuerpo extraño intraocular puede indicar su extracción mediante vitrectomía. Se puede considerar la extracción mediante el uso de un electroimán en caso de tratarse de cuerpos extraños ferromagnéticos pequeños que no estén adheridos a la retina u otras estructuras. Si los medios son opacos por presencia de catarata o hemorragia, el cuerpo extraño está encapsulado y adherido al vítreo o a la retina, o si este es grande o no magnético, estará indicada la vitrectomía (asociada a lensectomía si es necesario) junto a la extracción del cuerpo extraño con pinzas. Aunque los cuerpos extraños pequeños se pueden retirar a través de la esclerotomía a nivel de la *pars plana*, algunos cuerpos más grandes se extraerán con mayor seguridad a través del limbo corneoescleral o de la herida inicial para minimizar así la lesión a nivel de la retina periférica.<sup>93</sup>

- ***Tumores intraoculares***

La biopsia tumoral está indicada con fines diagnósticos cuando las exploraciones clínicas no son concluyentes. No se suele hacer biopsia con el objetivo principal de conocer el grado de malignidad de un melanoma uveal, aunque

recientemente se ha demostrado que los estudios citogenéticos tienen gran valor pronóstico.<sup>140</sup> Para su realización, se atraviesa la retina con el vitreotomo para acceder y aspirar el tumor. La muestra se envía fijada en formol al laboratorio de anatomía patológica para su posterior análisis.<sup>141</sup> En cuanto a su tratamiento quirúrgico, se podrá realizar, según el caso, una resección local transescleral o endorresección transretiniana, asociada a vitrectomía.<sup>141</sup>

## **I. 4. 6. Preparación preoperatoria**

En primer lugar, debe obtenerse un consentimiento informado que incluya los beneficios de la operación que va a realizarse, sus posibles riesgos y las alternativas existentes. Se explicará además detenidamente al paciente qué resultado visual se puede esperar después de la operación, las instrucciones postoperatorias a seguir acerca de la medicación a administrar, la posición a tomar o la restricción de actividades que se pueden realizar, y las visitas de revisión previstas.<sup>116</sup>

Los pacientes deben haber cumplido las recomendaciones dadas por el anestesista en la consulta de preanestesia, acerca de la suspensión o sustitución de medicamentos, y del ayuno necesario, que suele ser de al menos 8 horas antes del comienzo de la cirugía.<sup>116</sup>

Para la dilatación pupilar se aplica una combinación estándar de colirio de fenilefrina al 2,5% y colirio de tropicamida al 1% en el fórnix conjuntival inferior. La fenilefrina es un fármaco simpaticomimético de acción directa sobre los receptores alfaadrenérgicos que, aplicada por vía tópica, produce midriasis de una duración máxima de 3 horas, sin alterar la acomodación. La tropicamida por su parte, es un anticolinérgico con acción ciclopléjica y midriática de instauración rápida, capaz de conseguir la dilatación pupilar a los 15 minutos de su aplicación, y de mantenerla durante 4-6 horas después de esta. Algunos oftalmólogos añaden también ciclopentolato clorhidrato, que es un parasimpaticolítico potente con acción midriática y ciclopléjica, cuyo efecto puede durar hasta 8 horas. Por último, el sulfato de atropina al 0,5% también presenta un efecto parasimpaticolítico que produce midriasis y cicloplejía, aunque su efecto máximo es bastante lento.<sup>142</sup>

Una vez que el paciente se ha trasladado al quirófano, se administra la anestesia indicada para él, ya sea locorregional o general.

Por otro lado, el cirujano principal, el ayudante y el instrumentista, además ir ataviados con pijama y zuecos quirúrgicos, gorro, mascarilla y calzas, se lavarán a conciencia manos y brazos. A continuación, vestirán una bata quirúrgica y cubrirán sus manos con guantes estériles.

El equipo de enfermería lo formarán un circulante y un instrumentista. El primero se ocupará de todo lo relacionado con el sistema de vitrectomía, el microscopio y la luz de quirófano, así como de todas las necesidades que puedan surgir por parte del cirujano o del instrumentista a lo largo de la intervención quirúrgica. El instrumentista por su parte, se encargará, en condiciones de esterilidad, de todo lo relacionado con el campo quirúrgico.

El instrumentista coloca el material a utilizar en una mesa accesorio, y comienza a montar el equipo de vitrectomía, junto con el circulante. De esta forma, se enciende el equipo y se comprueba que la conexión de este con la bombona de gas está establecida. A continuación, se seleccionan los parámetros de aspiración y frecuencia de corte, y se conectan la iluminación, las vías neumática y de aspiración del vitreotomo y la extrusión a la máquina. El aparato de vitrectomía se conecta a la botella de solución salina balanceada, y esta a su vez se conecta al ojo a través de la vía de infusión. La mayoría de sistemas cuentan además con un test que comprueba la aspiración y corte del vitreotomo, así como la aspiración de la sonda de extrusión. Si las conexiones son correctas, el test será superado.

A su vez, con el paciente tumbado decúbito supino en la mesa de quirófano, se prepara la superficie periocular con povidona yodada al 10%, y se aplican varias gotas de povidona al 5% sobre la superficie ocular. Posteriormente, se aísla el campo quirúrgico alrededor del ojo con paños estériles. Acto seguido, se coloca un blefarostato que mantenga los párpados abiertos y aisle las pestañas del campo quirúrgico.<sup>119</sup>

Por último, se coloca el microscopio quirúrgico con el que se visualizará en un mismo campo, todas las esclerotomías y la córnea.<sup>119</sup> De esta forma, todo está listo para comenzar la vitrectomía.

### **I. 4. 7. Anestesia en vitrectomía por vía *pars plana***

El anestesista forma parte del equipo quirúrgico multidisciplinario encargado de llevar a cabo la vitrectomía, que integran oftalmólogo, anestesista y personal de enfermería.

#### **I. 4. 7. 1. Consulta preanestésica**

La intervención del anestesista comienza en la consulta preanestésica, cuyo objetivo es el de reducir la morbilidad perioperatoria. Para ello, se debe mejorar en lo posible el estado preoperatorio del paciente y planificar la conducta a seguir.

La valoración preanestésica debe permitir optimizar el estado preoperatorio del paciente, tranquilizarle y planificar el tratamiento perioperatorio más apropiado. Se identificarán las alteraciones que pudieran causar problemas durante y después de la operación. La consulta preanestésica cumplirá las siguientes funciones:<sup>143</sup>

- Obtener información acerca de los antecedentes médicos, y los trastornos físicos y mentales del paciente.
- Indicar las pruebas e interconsultas necesarias para el paciente, en función de los factores de riesgo descubiertos en su historia clínica.
- Informar acerca de la técnica anestésica a realizar.
- Controlar la atención preoperatoria.
- Establecer el plan asistencial a seguir según las indicaciones clínicas y las necesidades del paciente, de quien se obtendrá el consentimiento informado.
- Tratar el dolor, reducir la ansiedad y facilitar la recuperación postquirúrgica.



#### **I. 4. 7. 2. Tipos de anestesia en vitrectomía *pars plana***

Al entrar el paciente en quirófano, se le monitorizará mediante pulsoximetría y registro electrocardiográfico, y se tutorizará una vía intravenosa, por la cual el anestesta podrá suministrar sedación básica, compuesta por 1 mg de midazolam, ó 20 mg de propofol. Se podrá añadir también un analgésico mórfico, como 50 µg de fentanilo, aprovechando su efecto sedativo.

La anestesia que aplicaremos al paciente podrá ser local (retrobulbar) o general, según el caso.

##### **I. 4. 7. 2. 1. Anestesia retrobulbar**

- ***Técnica***

La anestesia local retrobulbar tiene como objetivo el control adecuado del dolor, produciendo a su vez parálisis motora sobre el globo ocular y los párpados.

La técnica consiste en una inyección retrobulbar de 3 a 4,5 cc<sup>142</sup> de una mezcla anestésica de Mepivacaína al 2% y Bupivacaína al 0,5%. Dicha inyección se realiza con una aguja de calibre 23-gauge y 38 mm de longitud.

Para su correcta administración se toma como referencia el tercio externo del reborde orbitario inferior, a cuyo nivel, y através del espacio existente entre el ojo y el suelo de la órbita, se introduce la aguja, de forma perpendicular a la piel. Al pasar un primer “stop” se aprecia cierta resistencia al paso de la aguja. En este momento se corrige el trayecto de la aguja hacia arriba y hacia adentro, hasta alcanzar un ángulo de 45° con el eje óptico. En ese momento se realiza la aspiración del émbolo seguida

de la inyección de 3 a 4,5 cc de la mezcla anestésica. Por último, se aplica compresión con un balón de Honan durante 10 minutos.

El mecanismo de acción de esta técnica se basa en el bloqueo de los ganglios ciliares, el nervio oftálmico y los pares craneales III, IV y VI. Todo ello permite la anestesia eficaz de la córnea, la conjuntiva y la úvea, y favorece la midriasis.

- ***Complicaciones de la anestesia retrobulbar***

La técnica retrobulbar posee mayor tasa de complicaciones que otras técnicas anestésicas locorreionales empleadas en oftalmología, como la anestesia peribulbar. En primer lugar, cabe destacar el grado de ansiedad y dolor que supone durante su aplicación, por lo que es recomendable administrar el anestésico de forma lenta, y a una temperatura similar a la corporal. Entre las posibles complicaciones derivadas del uso de la anestesia retrobulbar, caben destacar las siguientes:

- Complicaciones neurológicas centrales, por inyección subaracnoidea del anestésico.

El anestésico puede difundir de forma retrógrada desde el nervio óptico al quiasma, y de ahí al tronco del encéfalo e incluso al ojo contralateral. La tasa de incidencia de esta complicación oscila entre el 0,27 al 0,79%. El periodo de latencia hasta el desarrollo de la clínica es de 2 a 10 minutos. La sintomatología, que durará entre 30 minutos y 2 horas, hasta la desaparición del anestésico del sistema nervioso central, podrá ser la siguiente:

- Síntomas respiratorios: Respiración irregular, hiperventilación, apnea.

- Síntomas cardiovasculares: Taqui-bradicardia, arritmias, hipertensión arterial, shock.
  - Síntomas neurológicos: Alteración del nivel de conciencia, escalofríos, convulsiones, afectación de otros pares craneales, anestesia del ojo contralateral (bloqueo de los pares craneales III, IV, VI contralaterales, amaurosis, midriasis, oftalmoplejía).
- Perforación ocular:

Existe riesgo de inyectar de forma directa anestésico al interior del globo ocular. En este caso, la administración se acompaña de resistencia a la inyección y dolor excesivo.<sup>144</sup> El paciente podrá presentar disminución de la agudeza visual, miodesopsias, fotopsias y hemovítreo, con o sin desgarro retiniano. Los factores que favorecen la perforación ocular son los siguientes: Miopía magna, estafiloma posterior, cirugía previa (cerclaje), punción anestésica transconjuntival, punciones múltiples, punción superonasal y uso de una aguja mayor de 30 mm.

- Complicaciones vasculares.

- Hemorragia retrobulbar:

Esta complicación consiste en un acúmulo de sangre a nivel del espacio intracónico posterior al globo ocular. Dentro de los factores que pueden favorecer esta complicación se encuentran los antecedentes cardiovasculares, la diabetes mellitus y las alteraciones de la coagulación. Clínicamente aparece dolor intenso tras la punción, exoftalmos a tensión, edema palpebral y hemorragia subconjuntival. En caso de aumento en la presión intraocular se administrará acetazolamida o bien, se practicará una cantotomía de evacuación. Entre las secuelas secundarias a esta complicación pueden aparecer pérdida de visión por compresión del nervio óptico, por trombosis de la vena central de la retina o por trombosis de la arteria central de la retina.

- Trombosis de vena o arteria central de la retina:

Ambos eventos vasculares podrán estar causados por la presencia de un hematoma retrobulbar que comprima estos vasos, aunque también podrán darse por punción accidental de la vaina del nervio óptico o por compresión excesiva con el balón de Honan.

- Traumatismos del nervio óptico.

- Lesión de los músculos oculares extrínsecos:

- Estrabismo:

El estrabismo post-vitrectomía puede estar causado por manipulaciones perioperatorias del globo ocular, traumatismos del tejido orbitario y efecto tóxico del anestésico local a nivel submuscular. Clínicamente se caracteriza por la aparición de diplopía varias semanas después de la aplicación anestésica. Los síntomas pueden remitir.

- Ptosis palpebral:

Se trata de una complicación de frecuente aparición. Puede producirse por compresión del párpado superior o por retracción excesiva. El cuadro suele remitir en unas semanas.

- Otras complicaciones

- Hematoma palpebral.

- Reflejo oculo-cardíaco.<sup>142</sup>

La tracción de los músculos extraoculares, especialmente los rectos externo e interno, la compresión del globo ocular, las manipulaciones quirúrgicas sobre la córnea y la conjuntiva, así como diversos estímulos dentro de la órbita, pueden desencadenar una bradicardia intensa mediada por este reflejo.

Se trata de un reflejo vagal cuya vía aferente discurre por la rama oftálmica del V par. Los estímulos son recogidos por los nervios ciliares largos y cortos que hacen sinapsis en el par craneal del

ganglio ciliar, alcanzando la rama oftálmica del trigémino, para luego dirigirse al ganglio de Gasser y desde allí al tronco del encéfalo, terminando en el núcleo sensitivo del trigémino en el cuarto ventrículo.

Existe una relación entre el núcleo de los pares V, VII y X a través de las fibras sensoriales descendentes del V par y las fibras de segundo orden de la vía del trigémino, que explica la activación de la vía eferente a nivel bulbar. Se presenta con mayor frecuencia en niños y en pacientes vagotónicos. La arritmia desencadenada por el reflejo cede al cesar el estímulo desencadenante. Si persiste la bradicardia se puede administrar atropina a dosis de 0,5 a 1 mg.<sup>142</sup>

#### ***1. 4. 7. 2. 2. Anestesia general***

La anestesia general se reserva a pacientes que rechazan la anestesia locorregional, a personas incapacitadas y deficientes mentales, a pacientes con hipoacusia severa, a traumatismos oculares abiertos, a personas con claustrofobia, y a bebés y niños que no colaboran.<sup>142</sup>

La profundidad del estado de la anestesia se consigue aumentando o disminuyendo la concentración inspirada del gas anestésico. Se recomienda no usar óxido nitroso como gas anestésico, dada la posibilidad de tener que dejar una burbuja de aire o gas dentro del ojo al final de la intervención; y es que el óxido nitroso puede difundir al aire o al gas que rellena el ojo, alterando la mezcla gaseosa y la presión intraocular.<sup>119</sup>

El postoperatorio de pacientes operados con anestesia general, requiere de un seguimiento más estrecho que los sometidos a anestesia locorregional. Por ello, es imprescindible la presencia de personal cualificado que vigile al paciente durante los primeros 15-20 minutos tras la cirugía.<sup>142</sup>

## **I. 4. 8. Técnica quirúrgica**

### **I. 4. 8. 1. Acceso por vía *pars plana***

- ***Anatomía quirúrgica***

Las esclerotomías se realizan a nivel de la *pars plana*. Se trata de una porción del cuerpo ciliar, pigmentada, lisa y relativamente avascular, de 4 mm de anchura, que se extiende desde la ora serrata hasta los procesos ciliares y que permite el abordaje quirúrgico posterior de forma segura, a 3 ó 4 mm del limbo corneal.<sup>1</sup> Existe poco margen para la localización de las esclerotomías. Una entrada demasiado anterior puede lesionar la zónula o la cara posterior del cristalino, mientras que una entrada demasiado posterior puede dañar la retina.<sup>118</sup>

- ***Esclerotomías 20-gauge***

Para la realización de las entradas esclerales en vitrectomía 20-gauge, será necesario practicar una peritomía conjuntival con tijeras de Wescott de 0,12 a 1 mm del limbo quirúrgico, con una extensión aproximada de 4 horas temporalmente y 2 horas superonasalmente. A continuación, se practican incisiones radiales de descarga en la conjuntiva y se aplica cauterización de campo húmedo para conseguir la hemostasia. Con el fin de preparar el sitio de la esclerotomía para la entrada de la cánula de infusión, se pasa una sutura de colchonero de Vicryl 7-0 en la posición inferotemporal, de 3 a 4 mm por detrás del limbo quirúrgico. Acto seguido, se practica una esclerotomía introduciendo un cuchillete microvitreo-retiniano (MVR) perpendicularmente a la esclera, entre las suturas de ya realizadas. Es importante dirigir el cuchillete hacia el centro de la cavidad vítrea para no lesionar el cristalino.



La cánula de infusión se prueba antes de introducirla en el ojo para asegurarse que la solución de suero salino fluye correctamente.<sup>119</sup>

La cánula de infusión se introduce a través de la esclerotomía de manera que su plataforma quede a ras de la superficie escleral, para poder anudarla con la sutura de colchonero previamente colocada. Puede confirmarse que la cánula y el vástago de infusión están en el vítreo y no en el espacio subretiniano iluminando oblicuamente a través de la pupila con la sonda de iluminación. Si la punta y el vástago de la cánula de infusión no están cubiertos por retina o membranas, se puede continuar con la intervención. Si no se visualizan la punta y el vástago de infusión o hay membranas que taponan la cánula, habrá que sacarla y volver a meter el cuchillete MVR por la esclerotomía para garantizar su permeabilidad.<sup>119</sup>

Por último, se crean las esclerotomías adicionales destinadas a la entrada del vitreotomo y la sonda de iluminación con el cuchillete MVR en posición superonasal y superotemporal, a 3-4 mm por detrás del limbo quirúrgico.<sup>119</sup>

- ***Esclerotomías 23 y 25-gauge oblicuas***

En la actualidad, la técnica de apertura para la instrumentación de 23-gauge difiere según el fabricante. Los dos principales proveedores de instrumental de 23-gauge son Alcon y Dutch Ophthalmic Research Center (DORC).<sup>116</sup>

Con el sistema de Alcon, la conjuntiva se desplaza lateralmente con un bastoncillo de algodón o unas pinzas conjuntivales. De esta forma al crearse la herida, la incisión conjuntival no queda directamente encima de la esclerotomía; así se reduce significativamente la tasa de hipotonías, ya que la conjuntiva y la cápsula de Tenon cubren la esclerotomía cuando se sacan los trócares al final de la intervención.<sup>107</sup>

A continuación, se introduce el complejo trocar-cánula 4 mm por detrás del limbo en pacientes fáquicos o 3,5 mm por detrás de este en pacientes pseudofáquicos, preferentemente de forma oblicua para reducir el riesgo de hipotonía postoperatoria. Después, se retira el trocar mientras se estabiliza la cánula con unas pinzas y se introduce el tubo de infusión purgado. Puede confirmarse que el trocar está en el vítreo y no en el espacio subretiniano iluminando oblicuamente a través de la pupila con la sonda de iluminación. El tubo de infusión puede fijarse con esparadrapo a los paños quirúrgicos para, a continuación, abrir la entrada de suero. Las cánulas superotemporal y superonasal se introducen de forma similar. Se pueden usar tapones para mantener la presión intraocular y evitar la incarceration de vítreo o de retina a través de la cánula.<sup>116</sup>

Con el sistema DORC, se desplaza la conjuntiva de 1 a 3 mm en dirección inferotemporal, con la placa de compresión. Esta placa tiene una abertura central a 3,5 mm del borde a través de la cual se introduce el estilete 23-gauge de 45°, describiendo un ángulo aproximado de 30°, a 3,5 mm por detrás del limbo esclerocorneal. En un segundo paso, se introduce un microtrocar como con la cánula,

manteniendo la aposición de los orificios conjuntival y escleral con la placa de compresión. Las cánulas superotemporal y superonasal se insertan de forma similar, y se usan tapones para mantener la presión intraocular cuando sea necesario.<sup>116</sup>

- ***Meridianos de las esclerotomías***

Durante la vitrectomía, el vitreotomo es móvil, al igual que la sonda de iluminación, que sigue el movimiento del vitreotomo. De esta forma, las esclerotomías deben estar lo suficientemente separadas del borde orbitopalpebral, que podría disminuir la movilidad de las sondas.

Por su parte, es necesario que el terminal de infusión esté fijo, y no se desplace con el borde palpebral, ya que un movimiento de este hacia delante podría lesionar la parte posterior del cristalino o la zónula y cualquier movimiento en dirección posterior podría lesionar la retina, sobre todo si está desprendida. El mejor sitio para practicar la esclerotomía del terminal de infusión es por tanto el cuadrante temporal inferior, a cierta distancia del meridiano de las 6 h.<sup>118</sup>

Por otro lado, no se pueden practicar las esclerotomías en los meridianos horizontales debido al paso de los vasos ciliares. Sólo estarán disponibles para las entradas esclerales los meridianos próximos a la horizontal y los alejados de los meridianos de las 6 y las 12 h, para quedar siempre a cierta distancia del borde orbitopalpebral. Si las esclerotomías superiores están demasiado próximas al meridiano de las 12 h, la periferia superior de la retina jamás estará bien iluminada. Si se introduce la luz endocular por el meridiano de las 11 h y, después, por el de la 1 h, el meridiano de las 12 h no podrá ser iluminado. Por el contrario, si la luz endocular se introduce a las 10.30 h y a las 2.30 h, podrá iluminarse toda la periferia de la retina.<sup>118</sup>

## **I. 4. 8. 2. Vitrectomía central**

Al realizar la vitrectomía central, se mantendrán visibles la punta de la sonda de iluminación y el orificio de corte del vitreotomo en la cavidad vítrea. La sonda de iluminación se orienta de modo que alumbre las fibras vítreas en el orificio de corte del vitreotomo. Además se ilumina la superficie retiniana para mantenerse orientado en la cavidad vítrea y poder visualizar correctamente la retina durante la intervención. Si no se ve la retina, se puede tocar con los instrumentos y dar lugar desgarros retinianos, desprendimientos de retina, hemorragias retinianas o incluso, si se golpea con suficiente fuerza, hemorragias coroideas.<sup>119</sup>

Para limitar las tracciones sobre la retina, no se comienza la vitrectomía colocando el vitreotomo en el centro de la cavidad vítrea. En ese caso, se efectuaría el máximo de tracción, ya que el vítreo se introduciría permanentemente en la boca del vitreotomo. Por el contrario, se coloca el vitreotomo en la periferia media, dirigiendo el orificio de este hacia la retina. En esta posición aparece, al cabo de unos instantes, una cavidad ópticamente vacía que indica la creación de una sección entre el vítreo central y el vítreo periférico; el vítreo periférico, tensado por su base, volverá hacia la periferia. A partir de esta laguna, se avanza circularmente. El vítreo central, liberado así de sus adherencias periféricas, será rápidamente aspirado. La cara posterior del cristalino habrá sido identificada al comienzo del procedimiento.<sup>118</sup>

A menudo se observa, después de este primer tiempo, desprendimiento del vítreo. Esta situación es frecuente durante las vitrectomías practicadas en las cirugías de desprendimiento de retina. El anillo peripapilar no es siempre visible durante esta maniobra pero, cuando el vítreo está completamente desprendido, se observa un espacio ópticamente vacío entre el vítreo anterior y el resto de la cavidad vítrea. No obstante, hay que desconfiar de vastas lagunas posteriores que dejan una fina capa de

córtex adherido a la retina y pueden simular un auténtico desprendimiento posterior del vítreo.<sup>118</sup>

Antes de abordar la vitrectomía periférica, hay que asegurarse de que no queda córtex vítreo adherido a la retina. Para retirar este córtex vítreo o hialoides posterior, se puede utilizar únicamente la aspiración activa del vitreotomo, colocado encima de la papila óptica. Para realizar esta maniobra, está especialmente indicado el uso de una lente de contacto planocóncava sin aumentos o una lente de Machemer. Si existe vítreo, éste aparecerá como una estructura semitransparente que modifica la superficie de la retina cuando es aspirada. En este caso se continua suavemente con la aspiración hasta que aparezca una estructura brillante y móvil correspondiente a la hialoides posterior desprendida, en el seno de la cual se puede observar con bastante frecuencia el anillo peripapilar. La hialoides posterior se levanta en cada cuadrante con el vitreotomo, separándola de la retina hasta la parte posterior de la base del vítreo en los 360°.<sup>118</sup>

Otro método para comprobar que no queda córtex adherido a la retina es utilizando una aguja back-flush, provista de una contera de silicona de longitud variable. Cuando esta contera tiene una longitud de 3 a 4 mm, es muy flexible. Al colocarla cerca de la superficie retiniana, si durante la aspiración pasiva el córtex vítreo ocluye la extremidad del tubo de silicona, éste se inmoviliza. Cuando el córtex se introduce en la extremidad de la sonda de extrusión, se puede continuar la aspiración pasiva hasta desprender el vítreo. A veces, la adherencia es tal que hay que conectar la extremidad de esta cánula a la aspiración del vitreotomo, para aplicar así una aspiración activa. Esta permite desprender suavemente la hialoides posterior sin arrastrarla demasiado hacia la cavidad vítrea, para no producir desgarros iatrogénicos periféricos. Cuando se ha realizado la vitrectomía central y nos hemos asegurado de que se ha producido el desprendimiento posterior del vítreo, se puede abordar la vitrectomía periférica.<sup>118</sup>

### **I. 4. 8. 3. Vitrectomía periférica**

En ciertos casos, como cuando la vitrectomía se realiza para corregir un desprendimiento de retina, esta debe ser lo más completa posible. Para que una vitrectomía se considere total, la base del vítreo, unida a la retina mediante fibras de colágeno que se insertan entre las células de Müller y a veces incluso penetran en ellas, debe disecarse de la retina.<sup>118</sup>

El cirujano se esforzará en dejar la menor cantidad posible de córtex vítreo periférico, ya que este vítreo residual podrá favorecer la aparición de proliferación vireorretiniana (PVR) anterior. La vitrectomía estimula el crecimiento de células a nivel de la base del vítreo, que puede desencadenar la contracción del vítreo residual.<sup>118</sup>

Con el fin de dejar la menor cantidad posible de vítreo adherido a la retina, es necesario efectuar la vitrectomía con indentación, sea cual sea el sistema óptico utilizado para visualizar el fondo de ojo. Al practicar la vitrectomía periférica, la aspiración debe ser débil. En caso de desprendimiento de retina regmatógeno, se afeita a conciencia el vítreo adherido a los bordes del desgarro retiniano, para eliminar así toda tracción residual. Los cuernos de los desgarros gigantes, así como el opérculo se pueden agrandar mediante una pequeña retinectomía, que nos asegure su liberación del vítreo circundante.<sup>118</sup>

La depresión escleral se efectúa con un bastoncillo de algodón o un gancho de estrabismo. Cuando el ayudante tiene una cierta práctica, puede realizar la depresión escleral siguiendo la orientación del vitreotomo. Cuando esta indentación no pueda ser realizada correctamente por el ayudante, el cirujano procederá a la depresión escleral. En este caso, la visualización de la periferia retiniana se podrá efectuar con la ayuda de la lámpara de hendidura.<sup>118</sup>

## **I. 4. 8. 4. Tiempos quirúrgicos adicionales a la vitrectomía**

La vitrectomía será únicamente el primer tiempo del procedimiento quirúrgico en muchas de las indicaciones quirúrgicas de la retina y el vítreo.

Algunos de los tiempos quirúrgicos adicionales a la vitrectomía podrán ser los siguientes: Supresión de las tracciones vitreorretinianas, reaplicación intraoperatoria de la retina, aplicación de láser endocular o crioterapia y colocación de taponamientos prolongados.

### ***I. 4. 8. 4. 1. Supresión de tracciones vitreorretinianas***

- ***Pelado de membranas epirretinianas***

El pelado de membranas epirretinianas puede indicarse en caso de proliferación vitreorretiniana (PVR), retinopatía diabética o membrana epirretiniana macular. En todos ellos existe alto riesgo de producir desgarro de retina iatrogénico. En el caso del pelado de PVR, la retina podrá ser móvil, por desprendimiento de retina asociado. Para paliar este inconveniente, se dispone de dos métodos: la cirugía bimanual y el uso de perfluorocarbonos líquidos, que aplastarán la retina posterior. La técnica utilizada para disecar las membranas retinianas y los tejidos fibrovasculares depende de las costumbres del cirujano, del tipo de membrana y de su adhesión a la retina. Los colorantes azul tripán y verde de indocianina pueden ayudar a localizar dichas membranas.<sup>118,123,145</sup>

- ***Pelado de membrana limitante interna***

El pelado de la membrana limitante interna (MLI) puede indicarse en caso de membrana epirretiniana macular,<sup>123</sup> agujero macular de espesor completo,<sup>93,125</sup> edema macular cistoide,<sup>146,147</sup> síndrome de tracción vitreomacular y síndrome de Terson.<sup>148</sup> Para retirar la MLI se utilizan unas pinzas intraoculares, teniendo especial cuidado de no incluir la retina subyacente y desgarrarla. Una vez iniciado el colgajo, se despega lentamente la membrana. La pinza se desplaza paralela a la superficie retiniana, sin practicar movimientos anteroposteriores que puedan desgarrar la retina. Si se suelta y retoma el borde distal del colgajo a menudo se consigue una extracción menos traumática. La tinción de la membrana con verde de indocianina, azul tripán o triamcinolona, puede ayudar a identificarla y a facilitar su extracción.<sup>149-153</sup>

- ***Retinotomías***

La retinotomía consiste en la ablación de retina, mediante el uso del vitreotomo o de tijeras. Esta técnica puede estar indicada en caso de proliferación vitreo-retiniana intensa, que no pueda ser pelada ni despegada de la retina subyacente. En estos casos, la retinotomía estará precedida de endodiatermia que evite los sangrados procedentes de los vasos de la retina. Por otra parte, la retinotomía debe realizarse en una retina claramente despegada. Si la retina está parcialmente reaplicada por un taponamiento interno, se corre el riesgo de lesionar la coroides subyacente y producir una hemorragia coroidea.<sup>118</sup> Otras indicaciones de retinotomía incluyen estados de intensa retinopatía diabética proliferativa,<sup>154</sup> traslocación macular en diversas patologías maculares<sup>155,156</sup> y extracción de cuerpos extraños subretinianos.<sup>157</sup>



#### ***1. 4. 8. 4. 2. Reaplicación intraoperatoria de la retina en desprendimientos de retina***

La reaplicación intraoperatoria de la retina durante la cirugía endocular para corregir el desprendimiento de retina tiene dos objetivos. El primero es el de mantener el contacto entre el neuroepitelio y el epitelio pigmentario, condición indispensable para poder aplicar el láser endocular. El segundo objetivo será el de permitir inyectar la cantidad necesaria de taponador interno prolongado, ya sea aceite de silicona o gas isovolumétrico de reabsorción lenta. Si existiera líquido subretiniano, el volumen de taponamiento interno podría ser insuficiente.

La reaplicación intraoperatoria de la retina puede obtenerse utilizando perfluorocarbono líquido o aire.<sup>118</sup>

- ***Perfluorocarbonos líquidos***

Los perfluorocarbonos líquidos (PFCL) son polímeros perfluorocarbonados transparentes, no tóxicos, muy fluidos, que cuentan con una densidad dos veces superior a la del agua. Esta última propiedad hace que, inyectados en la cavidad vítrea, se sitúen por debajo de la solución salina balanceada, sobre el polo posterior. Los PFCL tienen un índice de refracción diferente al del suero, de modo que la interfaz PFCL – suero podrá ser seguida durante toda la intervención. De esta forma, se puede juzgar la progresión del PFCL durante el curso de la cirugía, así como al final de la intervención en el momento de su retirada.<sup>118</sup>

Los PFCL deben ser inyectados con una cánula delante de la papila, para obtener así una gota única. El volumen inyectado es compensado por la evacuación pasiva de solución salina balanceada por el orificio de la esclerotomía, existiendo riesgo de encarceración vítrea a través de esta. A medida que se realiza la inyección

del PFCL, la retina se reaplica desde su parte posterior hacia la periferia, desplazando el líquido subretiniano hacia la cavidad vítrea a través de los desgarros retinianos. Además, al inmovilizar la retina posterior, se limitan los movimientos de la retina anterior subyacente durante el pelado de las membranas epirretinianas.<sup>118</sup>

Los PFCL no se pueden dejar en la cavidad vítrea en concepto de taponador interno por dos motivos. El primero es que, dado que cuentan con una tensión superficial muy débil, la burbuja única de PFCL se convertiría en una multitud de pequeñas burbujas incompatibles con un taponamiento de calidad. Además, la alta densidad de este líquido, puede producir alteraciones de la retina inferior secundarias a la presión ejercida. Por tanto, deberá ser sustituido por un producto de taponamiento interno prolongado, ya sea aceite de silicona o gas.<sup>118</sup>

- **Aire**

La baja densidad del aire y su fuerte tensión superficial, permiten una gran fuerza de taponamiento y una buena obturación de los desgarros retinianos.

El aire se inyecta en la cavidad vítrea a través de una bomba de aire conectada a la tercera entrada de la llave de tres vías. La irrigación de suero se corta y el flujo de aire inyectado se regula a través del sistema de vitrectomía, que aplica una presión de entre 20 y 40 mm Hg. Se trata de una insuflación de aire permanente, no liberada mediante el pedal. A medida que se inyecta el aire, se retira una cantidad equivalente de suero de la cavidad vítrea con la ayuda de una aguja de extrusión.<sup>118</sup>

Para reaplicar la retina con la ayuda del aire, habrá que retirar previamente el líquido subretiniano. A diferencia de los PFCL, la burbuja de gas comienza a rellenar la parte anterior de la cavidad vítrea, drenando el líquido subretiniano periférico a esta cavidad a través del desgarro retiniano. Sin embargo, el líquido subretiniano posterior al desgarro es desplazado hacia el polo posterior. Para reaplicar la retina

totalmente mediante la infusión de aire, se puede retirar el líquido subretiniano a través de la dehiscencia con una aguja de extrusión, efectuar una pequeña retinotomía por encima de la papila que permita evacuar el líquido subretiniano hacia la cavidad vítrea, o bien reaplicar la retina posterior con PFCL y la retina anterior con aire, desplazando todo el líquido subretiniano a través de la dehiscencia. Luego, se continúa el intercambio con la bomba de aire, aspirando el PFCL con la aguja de extrusión. Cuando la burbuja de aire llena la cavidad vítrea y no queda suero bajo la burbuja de gas, el reflejo de la superficie de la retina cambia y se vuelve particularmente brillante.<sup>118</sup>

#### ***1. 4. 8. 4. 3. Láser endocular intraoperatorio***

Las sondas de endoláser se utilizan para la aplicar retinopexia alrededor de desgarros o de empalizadas retinianas, así como para panfotocoagular pacientes diabéticos. Estas sondas liberan un haz de láser monocromático verde. En muchos casos, el láser se aplica asociado a indentación, a fin de visualizar la retina periférica y presentar su superficie perpendicularmente al haz de láser. Dado el riesgo que existe de lesionar la cara posterior del cristalino al trabajar en la periferia de la retina, existen sondas de láser curvas. Los aparatos de láser permiten regular diferentes parámetros, como son la potencia del láser y el tiempo de exposición de cada impacto. El haz de láser liberado es divergente, de modo que cuanto más se aleja la sonda de la retina, mayor es el diámetro del impacto. En principio, la fotocoagulación comienza con la sonda lejos de la retina, acercándose progresivamente a ella hasta que el láser deje una señal blanquecina.<sup>118</sup>

Durante la aplicación del láser, se tendrá precaución de no incurrir en una sobredosificación que provoque un agujero en la retina. El riesgo de sobredosificación existe, sobre todo cuando se utiliza el láser bajo aire, por falta de

refrigeración. En esos casos, se utilizarán constantes más bajas de lo habitual. En ciertos fondos de ojo hay variaciones de pigmentación tales que las constantes, y en particular la distancia a la que se mantiene la sonda del plano retiniano, deben ser modificadas según las zonas de la periferia retiniana.<sup>118</sup>

#### ***1. 4. 8. 4. 4. Crioterapia***

La crioterapia consiste en crear, por aplicación de frío, una cicatriz entre el neuroepitelio y el epitelio pigmentario a nivel de los bordes de la dehiscencia retiniana. El material para crioterapia comprende una pieza de mano, o criosonda, conectada a una botella de nitrógeno líquido. La expansión del nitrógeno líquido provoca un descenso de la temperatura hasta los  $-80^{\circ}\text{C}$  en la extremidad de la criosonda. Esta extremidad es fina, curvada y se adapta a la forma del globo ocular. El contacto de la criosonda a  $-80^{\circ}\text{C}$  provoca la congelación de la esclera, que avanza progresivamente hasta la coroides, el epitelio pigmentario y el neuroepitelio, si este se encuentra en contacto con el epitelio pigmentario. Si la congelación es intensa, se produce una cicatriz fibrosa coriorretiniana que une en bloque el epitelio pigmentario y las capas externas de la retina. Al aplicar el frío, se efectúa una fuerte indentación con la extremidad de la sonda sobre la zona de la esclera correspondiente a los bordes del desgarro retiniano, que permite desplazar el líquido subretiniano.<sup>118</sup>

#### ***1. 4. 8. 4. 5. Endodiatermia***

La endodiatermia utiliza como fuente de energía una corriente eléctrica de alta frecuencia (radiofrecuencia). Cuando los tejidos absorben la energía, las moléculas e iones oscilan y producen calor, provocando la consiguiente coagulación de las proteínas. Se dispone de sondas de endodiatermia bipolar de 20, 23 y 25-gauge que pueden usarse para coagular focos de neovascularización sobreelevada, vasos en el seno de una membrana epirretiniana diabética antes de la segmentación, vasos retinianos antes de la retinectomía o ayudar a crear y marcar las retinotomías de drenaje. La neovascularización papilar sobreelevada debe tratarse muy cuidadosamente con baja energía y una separación mínima de 0,75 mm de la superficie del nervio óptico para evitar dañar las fibras nerviosas y los vasos sanguíneos.<sup>120</sup>

#### ***1. 4. 8. 4. 6. Uso de taponamientos prolongados***

Diversas cirugías endoculares requieren de la colocación de gas de reabsorción lenta o de aceite de silicona como taponamiento interno prolongado al término de la vitrectomía.

- ***Gas de reabsorción lenta***

Para realizar el intercambio aire-gas, se establece en primer lugar una presión de inyección de aire baja, a fin de que el tono del globo ocular sea ligeramente inferior a lo normal. A continuación, en vitrectomía 20-gauge, se sutura una de las esclerotomías superiores con Vicryl 7-0 dando tres pasadas y se anuda definitivamente con no menos de tres nudos cuadrados. La otra esclerotomía superior se cierra temporalmente con una sutura de Vicryl 7-0 de modo similar, sin apretar ni anudarse. Por su parte, en vitrectomía microincisional 23 ó 25-gauge, se retira una de las microcánulas superiores, dejando la otra microcánula superior libre de tapón o de instrumento en su interior.<sup>119</sup>

A continuación, se corta la infusión de aire con la ayuda de la llave de tres vías y se procede a la inyección del gas de reabsorción lenta por la línea de infusión, una vez desconectada esta de la llave de tres pasos. Los gases más utilizados serán el hexafluoruro de azufre ( $\text{SF}_6$ ) y el perfluoropropano ( $\text{C}_3\text{F}_8$ ) a proporciones no expansivas. De esta forma, podrá usarse  $\text{SF}_6$  al 25-28% como taponador de corta duración y  $\text{C}_3\text{F}_8$  al 14-18% para los taponamientos a largo plazo. Una burbuja de  $\text{SF}_6$  dura unas 2 semanas, mientras que la de  $\text{C}_3\text{F}_8$  durará en torno a 6-8 semanas. El ayudante prepara el gas en una jeringa de 60  $\text{cm}^3$ , con un filtro de 0,22  $\mu\text{m}$ . Se inyecta la cantidad de gas apropiada en la jeringa mientras se abre el regulador de la bombona de gas, y se completa el resto de capacidad de la jeringa con aire. Después, se retira el filtro y la jeringa se conecta a la línea de infusión. Se inyecta lentamente el gas mientras el aire sale pasivamente a través de la esclerotomía superior abierta.

Después de introducir unos 50 cm<sup>3</sup> de gas, se pide al ayudante que deje de inyectar. Esto deja 10 cm<sup>3</sup> de gas en la jeringa que pueden usarse si hace falta más gas intraocular, una vez que se retire la cánula de infusión del ojo. A continuación, se cierra la segunda esclerotomía superior 20-gauge con la sutura precolocada de Vicryl 7-0 dando un mínimo de tres nudos, o bien se retira la microcánula superior de las vitrectomías 23 ó 25-gauge.<sup>119</sup>

Mientras la jeringa sigue conectada a la cánula de infusión, la presión intraocular puede ajustarse inyectando más gas o sacando el exceso de gas hasta dejarla en torno a 15-20 mm Hg, medida digitalmente o con un Tono-Pen. Después, se saca la cánula de infusión de la esclerotomía. En las vitrectomías 20-gauge, el cirujano tracciona de la sutura de colchonero precolocada con dos portaagujas y la anuda con no menos de tres nudos cuadrados. Al cerrar la esclerotomía al mismo tiempo que se retira la cánula de infusión, se evita la pérdida de gas de la cavidad vítrea. Por su parte, en vitrectomía microincisional, simplemente se retira la microcánula. Si alguna de las esclerotomías microincisionales muestra signos de incompetencia, se procede a suturarla. En caso de hipotonía, se inyecta gas a través de la *pars plana* con una aguja de 30-gauge.<sup>119</sup>

- **Aceite de silicona**

Tanto la inyección como la retirada del aceite de silicona, se realiza a través de esclerotomías 20-gauge. La bomba de silicona se conecta a través de la llave de tres vías con el terminal de infusión. La inyección de silicona se efectúa en general con el pedal, y la presión de infusión de la silicona se regula en la consola del aparato de vitrectomía.<sup>118</sup>

En primer lugar, se cierra una de las esclerotomías superiores permanentemente, y se pasa una sutura de colchonero de Vicryl 7-0 por la otra

esclerotomía superior. A continuación, se inyecta aceite de silicona a través de la segunda esclerotomía superior mientras sigue fluyendo aire por la cánula de infusión. Esto mantiene la presión intraocular mientras se introduce el aceite de silicona en el ojo. La infusión de silicona se detiene cuando el menisco de aceite alcanza el cristalino en pacientes fáquicos, la lente intraocular en pacientes pseudofáquicos o el plano del iris en pacientes afáquicos. Se palpa el ojo para comprobar que la presión intraocular está en torno a 15 mm Hg y, si es necesario, se ajusta inyectando o aspirando algo de aceite de silicona. A continuación, el ayudante saca el catéter del ojo mientras el cirujano cierra la sutura de colchonero precolocada, se clampa la vía de infusión y se saca del ojo mientras se anuda definitivamente la sutura de colchonero precolocada. No hay que olvidarse de irrigar la superficie escleral para evitar que quede aceite de silicona en el espacio subconjuntival.<sup>119</sup>



## **I. 4. 8. 5. Cierre de esclerotomías en vitrectomía 20-gauge**

Los orificios de esclerotomía 20-gauge pueden dar lugar a complicaciones postoperatorias. La principal de ellas es la incarceration del vítreo a través de ellas. Para evitar esta incarceration, conviene cerrar las incisiones con un tono ocular normal o bajo. A continuación, se limpian los bordes de las esclerotomías con el vitreotomo para asegurarnos de que no hay mechas vítreas. El cierre de las esclerotomías puede asegurarse con un punto en X o en U, con hilo reabsorbible, o con hilo no reabsorbible tipo prolene. Durante el paso de los puntos por los bordes esclerales, se comprobará igualmente que no se ha producido salida de vítreo durante esta maniobra.<sup>118</sup>

Con las dos esclerotomías superiores cerradas, se procede al cierre del orificio inferior, donde el terminal de irrigación está suturado. Para ello, se debe deshacer el nudo que fija el terminal de irrigación a la esclera, antes de ajustar la sutura de la esclerotomía. Para evitar la incarceration vítrea en este orificio, se recomienda abrir la línea de infusión durante la retirada del terminal, de modo que la irrigación permanente empuje el vítreo a nivel de este orificio. El cierre realizado con la sutura de fijación del terminal de irrigación no siempre es de buena calidad. Por ello, se podrá sustituir por una sutura en X o en U, que permita el cierre eficaz de los labios de la esclerotomía.<sup>118</sup>

Antes de cerrar la conjuntiva conviene comprobar la periferia retiniana mediante indentación anterior. Los orificios de vitrectomía aparecen bajo la forma de lesiones blanquecinas redondas por delante de la *pars plana*, y es en esta zona donde hay que comprobar que no exista incarceration retiniana ni vítrea. Por último, se sutura la conjuntiva a nivel de la esclera yuxtalímbica, dejando los orificios de las esclerotomías bien cubiertos.<sup>118</sup>

#### **I. 4. 8. 6. Retirada de cánulas en vitrectomía 23 y 25-gauge**

Una vez terminada la vitrectomía y completados los objetivos de la operación, el cierre quirúrgico en cirugía microincisional es bastante rápido. Antes de retirar las microcánulas superiores, se comprueba que presentan flujo libre de suero o aire. A continuación, se tapan las microcánulas con tapones, y se retira una de ellas tirando suavemente con unas pinzas. La infusión puede cerrarse temporalmente. La conjuntiva desplazada se devuelve a su posición normal con la ayuda de un bastoncillo de algodón o de unas pinzas. Acto seguido, se extrae la otra microcánula superior. Finalmente, la microcánula que queda se retira junto con la cánula de infusión en una única maniobra.<sup>116,117</sup>

Se comprueba durante unos minutos que el ojo conserva una adecuada presión intraocular. Si estuviera hipotónico, se inyectaría líquido o gas con una aguja de 30-gauge a través de la *pars plana*.<sup>116</sup> Los signos de escape pueden consistir en formación de una ampolla o bleb conjuntival significativa, incapacidad para mantener una presión fisiológica y existencia de líquido o gas saliendo por las incisiones. Las esclerotomías permeables se cierran suturando directamente los bordes esclerales de la entrada. Esto puede requerir la práctica de una pequeña incisión conjuntival.<sup>116</sup>

#### **I. 4. 9. Cuidados postoperatorios**

Una vez retirado el blefarostato, se instila una gota de povidona yodada al 5%, atropina al 1% y pomada antibiótica sobre la superficie del ojo. Además, se coloca un parche estéril y un protector sobre los párpados.<sup>119</sup>

Después de un período de recuperación apropiado en una sala de observación, normalmente de 45-60 minutos, el paciente puede irse a su casa.

En caso de haberse utilizado anestesia general, la marcha domiciliaria podrá realizarse una vez que el paciente haya tolerado la toma de alimentos. Si va a quedarse ingresado, se trasladará a la unidad de hospitalización.<sup>119</sup>

Al día siguiente se quita el parche y se examina el ojo, prestando especial atención a la presión intraocular y a posibles signos de infección intraocular. Las siguientes revisiones se programarán en función del diagnóstico preoperatorio y la opinión del cirujano.<sup>116</sup>

## **I. 4. 10. Complicaciones en vitrectomía**

### **I. 4. 10. 1. Complicaciones intraoperatorias en vitrectomía**

#### ***I. 4. 10. 1. 1. Dificultades de visualización***

- ***Mala dilatación***

En algunos pacientes la dilatación pupilar puede estar limitada, bien por adherencias posteriores iridocristalinianas, o bien por una mala respuesta del músculo dilatador del iris.

En primer lugar, hay que asegurarse de que el protocolo de dilatación ha sido cumplido. Puede ser necesario añadir como complemento la instilación de un colirio dilatador que incluya adrenalina. Además, al comienzo de la intervención, es posible inyectar adrenalina diluida en la cámara anterior a través de una paracentesis. En este caso, si el músculo dilatador contrae, el efecto será inmediato.<sup>118</sup>

Por otro lado, si existen sinequias posteriores, éstas pueden eliminarse con una cánula después de llenar la cámara anterior de viscoelástico. Sin embargo, la dilatación queda a menudo limitada.<sup>118</sup>

Si a pesar de todo, el paciente sigue sin mostrar dilatación suficiente, será necesario realizar una pupiloplastia. Existen varias técnicas más o menos complejas, pero el uso de retractores de iris simplifica mucho el procedimiento. Estos retractores son pequeños bastoncillos de prolene curvados, sobre los que se desliza un pequeño trozo de plástico que permite su bloqueo. Generalmente son necesarios cuatro o cinco ganchos repartidos regularmente alrededor de la pupila, que se introducen

mediante paracentesis practicadas con una aguja de 27-gauge. Estas incisiones se realizan por detrás del limbo, dejando sitio para la colocación del anillo de fijación de la lente de contacto. En su construcción, la aguja se dirige hacia el plano del iris, justo por encima de su base. Una vez introducidos los ganchos, se ajustan para obtener la posición pupilar final.<sup>118</sup>

- ***Enturbiamiento del cristalino***

La opacificación del cristalino puede impedir la correcta visualización del fondo de ojo.

Se puede tratar de una catarata preexistente, que hay que retirar mediante facoemulsificación por vía corneal, con colocación de un implante flexible al final de la facoemulsión o antes de la colocación del taponamiento interno. Si se emplea como taponamiento interno aceite de silicona, la implantación puede realizarse en un segundo tiempo cuando se retire la silicona intraocular. En este caso además, el efecto refractivo de la silicona compensará en gran parte la hipermetropía de la afaquia temporal. Debe ponerse especial cuidado en el cierre de la incisión corneal, dado el riesgo de fugas existente debido al aumento de la presión intraocular.<sup>118</sup>

Por otro lado, el cristalino puede volverse opaco en el transcurso de la intervención. Esto obligará a ocluir las esclerotomías transitoriamente con tapones y a cerrar la línea de infusión, para comenzar la facoemulsificación siguiendo el método clásico.<sup>118</sup>

Por último, si el cristalino es tocado por descuido con un instrumento endocular, puede producirse una marca localizada en la zona del toque. Esta opacidad, a menudo periférica, no impide el buen desarrollo de la intervención, y la extracción del cristalino es raramente necesaria. Aunque el cristalino tienda a volverse opaco más rápido en el postoperatorio, la extracción puede realizarse

posteriormente. Por el contrario, si se produce una rotura de la cápsula posterior, es preferible retirar el cristalino en el mismo tiempo operatorio, ya que el desarrollo de una catarata intumescente puede ser muy rápido.<sup>118</sup>

- ***Enturbiamiento de la córnea***

El epitelio corneal puede edematizarse durante la intervención, lo que provoca una borrosidad difusa y discreta que se acentúa progresivamente. Los factores favorecedores de este enturbiamiento son la presencia de un epitelio corneal ya deficiente, una intervención larga y presiones de infusión elevadas. Para solucionar este problema, se puede pelar el epitelio de modo atraumático para no lesionar la membrana de Bowman, por ejemplo con una hemosteta estéril. El pelado se realiza más fácilmente en seco. Al término de la cirugía, se puede pautar vitamina A para favorecer la reepitelización corneal.<sup>118</sup>

Por otro lado, durante la cirugía pueden aparecer pliegues en la membrana de Descemet. Cuando el medio intraocular es líquido, raramente estorban. Sin embargo, durante el intercambio fluido-aire en pacientes afáquicos, disminuye considerablemente la visibilidad. La solución será poner sobre el endotelio corneal una pequeña cantidad de viscoelástico que alise la cara posterior de la córnea, mejorando la así visibilidad.<sup>118</sup>

- ***Hemorragia intraoperatoria***

El enturbiamiento de los medios puede ser secundario a una hemorragia intravítrea procedente de alguna de las esclerotomías, de un vaso retiniano roto, o de una lesión iatrogénica de la retina o de la coroides. En este caso, se puede lavar la cavidad vítrea con una aguja de tipo back-flush. Si la hemorragia persiste, una vez que se ha identificado el vaso causante, se puede realizar hemostasia selectiva aplicando endodiatermia.<sup>118</sup>

Por otro lado, la hemorragia intraocular puede aparecer en el segmento anterior a partir del ángulo iridocorneal. En este caso, los hematíes se depositarán sobre la cara anterior del cristalino. El lavado de la cámara anterior bastará para limpiar la cápsula.<sup>118</sup>

#### ***1. 4. 10. 1. 2. Infusión subretiniana***

El extremo intraocular de la microcánula de infusión puede situarse en el espacio subretiniano, especialmente en casos en los que exista desprendimiento de retina. De este modo al abrir la infusión, existirá paso de líquido a dicho espacio, aumentando de forma considerable el volumen del desprendimiento de retina durante los primeros momentos de la vitrectomía. Ante esta situación, se debe interrumpir rápidamente la vitrectomía, dado el riesgo que existe de producirse una retinotomía iatrogénica, o incarceration vítrea o de la retina a través de los orificios de las esclerotomías.<sup>118</sup> Para evitar esta situación, una vez insertada la microcánula y antes de permitir la entrada de infusión, se confirmará la situación intravítrea del extremo interno de la cánula mediante indentación, con especial precaución en el ojo fáquico.<sup>118</sup>

La infusión subretiniana puede producirse durante la intervención por movilización del terminal de infusión, cuando el desprendimiento de la retina existente frente a él es grande. Los factores que favorecen este incidente son la presencia de un desprendimiento de retina prominente, un desprendimiento de retina antiguo con retina desprendida más allá de la ora serrata y existencia de proliferación vitreorretiniana anterior.<sup>118</sup>

#### ***I. 4. 10. 1. 3. Rotura retiniana o desprendimiento de retina intraoperatoria***

Las roturas retinianas o desprendimientos de retina intraoperatorios deben tratarse correctamente con criopexia o láser intraoperatorio.

#### ***I. 4. 10. 1. 4. Incarceración del vítreo y la retina***

La incarceration vítrea se puede producir durante la vitrectomía, cuando aún existe gran cantidad de vítreo en el interior ojo, o al final de la intervención a partir del vítreo residual situado alrededor de las esclerotomías.<sup>118</sup>

Por su parte, la incarceration de la retina se podrá observar únicamente durante la vitrectomía realizada en casos de desprendimiento de retina. Esta se manifiesta con la aparición de un pliegue retiniano tenso, y poco móvil a los movimientos del globo, que se dirige hacia una esclerotomía. La incarceration retiniana es continuación de una incarceration vítrea pasada por alto.<sup>118</sup>

Los factores favorecedores de la incarceration vireorretiniana serán la presencia de hipertensión ocular intraoperatoria, la realización de una vitrectomía incompleta, entradas y salidas repetidas de instrumentos, la práctica de indentación manual enérgica, esclerotomías demasiado posteriores, cirujano con poca



experiencia, retina muy despegada y móvil e inyección de perfluorocarbono líquido (PFCL) demasiado rápida, con una cánula de una sola vía.<sup>118</sup>

Desde el momento en que se sospecha una incarceration, se debe cortar la infusión, retirar el vitreotomo y cerrar transitoriamente las microcánulas con clavos. La confirmación se obtiene por visualización directa de las fibras vítreas convergiendo hacia la esclerotomía. La retina, en el límite posterior de la base del vítreo estará traccionada hacia delante, formando un pliegue que ocultará la ora serrata. Si se observa hialoides y vítreo atrapados en la esclerotomía, será posible cortarlos con el vitreotomo, introducido por la segunda esclerotomía, e iluminando con la lámpara de hendidura. A continuación, se inyecta PFCL en el polo posterior para tensar la retina y evitar una recidiva de la incarceration. Cuando la retina recupera su posición normal, hay que comprobar que no haya ninguna dehiscencia anterior yuxtaoral a ese nivel, producida durante la incarceration vítrea. A veces la incarceration retiniana no puede ser desincarcerada; en este caso, aplicando una enérgica indentación, se practicará una retinotomía muy anterior, que más adelante se tratará mediante retinopexia intraoperatoria.<sup>118</sup>

Para prevenir las incarceraciones vítreas y retinianas, habrá que evitar la presencia de episodios de hipertonía ocular intraoperatoria. Además, cuando se deje libre de instrumento alguna de las microcánulas superiores, se ocluirá el orificio con un tapón. Por otro lado, la retirada de los instrumentos endoculares se realizará con el ojo discretamente hipotónico.<sup>118</sup>

## **I. 4. 10. 2. Complicaciones postoperatorias en vitrectomía**

### ***I. 4. 10. 2. 1. Desprendimiento de la retina secundario a la vitrectomía***

El desprendimiento de retina secundario a la propia vitrectomía, puede estar causado por la formación de dehiscencias retinianas iatrogénicas, que se pondrán de manifiesto cuando se elimine el taponamiento interno si asientan en una zona no tratada con láser endocular. Será difícil saber si se trata de un desgarro inicial olvidado, o de una rotura de origen iatrogénico.<sup>118</sup>

El desprendimiento de retina puede estar causado también por la presencia de desinserciones de la ora serrata, provocadas por la entrada de instrumentos que causan tracciones sobre la base del vítreo. Las desinserciones de la ora serán más frecuentes en vitrectomías en las que haya entrada y salida reiterada de instrumentos, especialmente si presentan algún relieve en su extremidad que haga traumática la penetración de estos a través de las microcánulas.<sup>118</sup>

Por último, se puede tratar de un desgarro secundario a una incarceration de vítreo en la esclerotomía. La incarceration crea una brida que se retrae, pudiendo provocar un desgarro secundario, hasta meses después de la cirugía. Este suele ser anterior, yuxtaoral, y con el opérculo dirigido hacia la parte anterior de la cavidad vítrea.<sup>118</sup>

#### ***1. 4. 10. 2. 2. Catarata***

La vitrectomía por sí misma, es un factor inductor de catarata. Otros factores pueden favorecer su formación como la presencia prequirúrgica de cierta opacidad de cristalino, la edad avanzada del paciente y el tipo de taponamiento interno utilizado. De esta forma, el taponamiento completo con gas se asocia a aparición de cataratas precoces, mientras la silicona favorece el desarrollo de cataratas nucleares de evolución más lenta.<sup>118</sup>

#### ***1. 4. 10. 2. 3. Hipertonía ocular***

Los taponamientos gaseosos prolongados, utilizados en vitrectomía en el tratamiento de diferentes patologías, pueden ser responsables de hipertonía postoperatoria. Esta hipertonía ocular puede ser secundaria a varios mecanismos diferentes: Bloqueo pupilar, exceso de llenado de silicona o gas, expansión secundaria del gas por error en la dilución, uso de gases anestésicos con nitrógeno y viajes en avión. Las opciones terapéuticas incluirán el uso de fármacos antiglaucomatosos y la práctica de iridotomías en los casos de bloqueo pupilar.<sup>118</sup>

#### ***1. 4. 10. 2. 4. Hipotonía ocular***

La hipotonía ocular transitoria es una característica frecuente durante cualquier cirugía intraocular o después de la misma. La presencia de hipotonía al término de la vitrectomía obliga en un primer momento, a rellenar la cavidad vítrea con el taponador utilizado a través de una aguja de 30-gauge a nivel de la *pars plana*. Si esto no bastara para mantener el ojo en un nivel de presión óptimo, debido a la presencia de pérdidas incisionales, las heridas esclerales se suturarán.<sup>116</sup>

#### ***I. 4. 10. 2. 5. Endoftalmitis***

La endoftalmitis infecciosa es una patología grave que afecta a la retina, la úvea y el vítreo. A pesar del uso de antisépticos de forma preoperatoria y de las medidas de esterilidad adquiridas, el acceso al interior del ojo mediante la práctica quirúrgica representa un factor de riesgo para el desarrollo de endoftalmitis. Se han identificado diversos agentes infecciosos como posibles causantes de esta patología, destacando el *S. epidermidis* y el *S. Aureus* como los más frecuentes.<sup>93,158</sup> Diversos estudios han observado mayores tasas de endoftalmitis en vitrectomías sobre las que no se suturaron las esclerotomías, respecto de aquellas sobre las que sí se empleó sutura.<sup>113,114</sup> Por ello, en aquellos casos en los que la competencia incisional no esté del todo clara, se recomienda el cierre escleral mediante suturas.<sup>83</sup> La endoftalmitis infecciosa se caracteriza por intensa inflamación intraocular, hiperemia conjuntival, dolor y pérdida visual.

#### ***I. 4. 10. 2. 6. Desprendimiento y hemorragia coroidea***

El desprendimiento y la hemorragia coroidea, caracterizados por un acúmulo seroso o hemorrágico a nivel de la coroides, se pueden mantener bajo observación en los casos leves, administrándose corticosteroides orales en los casos más severos. Si el desprendimiento coroideo es muy severo, debe practicarse drenaje del líquido seroso lo antes posible. Las hemorragias coroideas se drenarán al cabo de 10-14 días para dar tiempo a que se licue el coágulo formado.<sup>119</sup>

## **II. JUSTIFICACIÓN E HIPÓTESIS DE TRABAJO**

## II. JUSTIFICACIÓN E HIPÓTESIS DEL TRABAJO

---

### **JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO**

Desde la implantación de la vitrectomía como indicación habitual ante múltiples patologías vítreo-retinianas a finales del siglo XX, numerosos estudios han evaluado los resultados funcionales y anatómicos obtenidos de ella, así como las posibles complicaciones derivadas de su uso.

El desarrollo y la innovación de la técnica han sido continuos, permitiendo implantar mejoras en el procedimiento, además de ofrecer múltiples variables técnicas al alcance de los oftalmólogos que desarrollan esta cirugía.

Los primeros pasos en vitrectomía tuvieron como protagonistas incisiones que, dado su tamaño y trayectoria, no permitían dejar las heridas sin sutura al término de la cirugía.<sup>77</sup> Sin embargo, la práctica de esclerotomías tunelizadas primero,<sup>84</sup> y la aparición de los sistemas microincisionales 23 y 25-gauge después,<sup>86,88</sup> permitió plantearse la posibilidad de no utilizar suturas de forma más generalizada. De esta manera, en ausencia de signos de incompetencia incisional al finalizar la vitrectomía, los cirujanos podían optar por dejar la esclerotomía sin sutura. Con la implantación de esta práctica en el hábito quirúrgico, se han desarrollado diversos estudios acerca de las variables de las que puede depender la competencia del cierre postquirúrgico sin sutura de las esclerotomías empleadas en vitrectomía. En este sentido, diversos trabajos han destacado la práctica de entradas oblicuas frente a las perpendiculares a la esclera, como muy favorable a la hora de obtener incisiones competentes.<sup>88-92</sup>

En la actualidad, la existencia de material para vitrectomía de diferente calibre permite al cirujano ocular satisfacer muchas de sus preferencias, dadas las

diferentes características ofrecidas por cada grupo instrumental. De esta forma, mientras la cirugía a través de incisiones 23-gauge permite la práctica de vitrectomía con tasas de infusión, aspiración y corte más altas, así como el empleo de material más rígido que facilita la manipulación del ojo, la intervención a través de esclerotomías 25-gauge supone una menor agresión sobre la conjuntiva y la esclera ocular.<sup>159</sup> Por ello, dado el uso tan extendido de los calibres 23 y 25-gauge en la práctica de vitrectomía, nos proponemos analizar la influencia de la variación del calibre sobre la capacidad de cierre escleral, medida esta como la resistencia a la apertura incisional ante diferentes presiones intraoculares.

Por otro lado, diversos trabajos<sup>91,101</sup> han sugerido que el mayor estrés mecánico al que se someten las incisiones esclerales utilizadas por la sonda del vitreotomo, respecto de las esclerotomías empleadas por la sonda de iluminación durante la práctica de vitrectomía, podría alterar en mayor medida su arquitectura incisional y por tanto, la competencia ofrecida por esta. Por ello, en nuestro estudio analizamos también la influencia que ejerce el uso de las esclerotomías por la mano dominante o la mano no dominante sobre su capacidad de cierre al término de la cirugía, a diferentes presiones intraoculares.

Para la realización de nuestro trabajo, desarrollamos un modelo experimental que simula las condiciones encontradas en la práctica habitual de vitrectomía en humanos y que nos permite evaluar el comportamiento de las esclerotomías a diferentes presiones.

### **HIPÓTESIS DEL TRABAJO**

Es posible desarrollar un modelo animal de ojos sometidos a vitrectomía que permita comprobar el grado de competencia, a diferentes presiones intraoculares, de las esclerotomías oblicuas en función de su calibre y su uso.

### **III. OBJETIVOS**



### **III. OBJETIVOS**

---

Los objetivos del presente trabajo experimental son los siguientes:

1. Desarrollar un modelo experimental animal que simule las condiciones encontradas en la práctica habitual de vitrectomía microincisional en humanos, y que permita evaluar el comportamiento de las esclerotomías a diferentes presiones intraoculares.
2. Determinar en nuestro modelo animal, si la diferencia de calibre de las esclerotomías oblicuas sin sutura 23 y 25-gauge supone una diferencia en cuanto a la resistencia mecánica a la apertura incisional.
3. Determinar en nuestro modelo animal, si el diferente uso al que se someten las esclerotomías oblicuas sin sutura (sonda del vitreotomo/sonda de luz) supone una diferencia en cuanto a la resistencia mecánica a la apertura incisional.

## **IV. MATERIAL Y MÉTODOS**

## IV. 1. MATERIAL

---

### IV. 1. 1. Ojos de cerdo. Muestra de estudio.

Para realizar este estudio experimental, prospectivo, aleatorizado y con observador enmascarado, seleccionamos un total de 130 ojos de cerdo, pertenecientes a 72 animales de la especie *Sus scrofa domesticus*, que pesaban una media de 70,8 kg en el momento de su muerte (rango: 65-80 kg).

Cada uno de los ojos fue enucleado 3 horas antes de su uso y conservado en una cámara frigorífica a 4°C hasta ese momento. Los ojos fueron extraídos a partir de cerdos previamente sacrificados para el consumo humano en un matadero regulado (Industrias Cárnicas Vaquero S. A.).

De los 130 ojos de cerdo seleccionados en un primer momento, excluimos 2 de ellos por presentar defectos conjuntivales, 2 por signos evidentes de escleromalacia, 1 por opacidad corneal severa y 1 por opacidad de cristalino importante. Sobre los 124 ojos restantes, practicamos vitrectomía microincisional por vía *pars plana*. No obstante, excluimos 2 ojos por presentar desprendimiento de retina intraoperatorio, 1 ojo por dislocación de cristalino a la cavidad vítrea y 1 ojo por filtrado de líquido intraocular a través de la esclerotomía correspondiente a la aguja 21-gauge insertada a las 6 horas, durante la fase de intercambio intraocular de solución salina balanceada por azul de metileno al 1%. De esta forma, fueron 120 ojos de cerdo los que finalmente se analizaron en este estudio.

- ***Criterios de inclusión***

Ojos de cerdo enucleados 3 horas antes de su uso, y conservados durante ese tiempo en una cámara frigorífica. Los ojos corresponden a cerdos de la especie *Sus scrofa domesticus*, con pesos comprendidos entre 65 y 80 kg de peso.

- ***Criterios de exclusión***

- Defectos anatómicos oculares:
  - Alteraciones conjuntivales.
  - Escleromalacia.
  - Opacidad de medios que no permita realizar la vitrectomía adecuadamente:
    - Opacidad de córnea.
    - Opacidad de cristalino.
- Presencia de hipotonía ocular.
- Complicaciones quirúrgicas al realizar la vitrectomía:
  - Daño de cristalino.
  - Desprendimiento de retina.
- Incompetencia de la entrada correspondiente a la aguja-21 gauge, situada a las 6 h, durante la fase de intercambio intraocular de solución salina balanceada por azul de metileno 1%.

#### **IV. 1. 2. Material Quirúrgico**

- Microscopio quirúrgico: Opmi-Visu 200, Carl Zeiss. Oberkochen, Germany.
- Inversor de imagen. AVI. USA.
- Guantes quirúrgicos: R 2D7254I. Triflex. Allegiance a cardinal health company. Mc Graw Park. USA.
- Soporte que simula una cara humana con sus dos órbita. Laboratorios Alcon, Alcobendas, Madrid. España.
- Compás quirúrgico. K3-9000. Katena.
- Aguja intramuscular 21G 1/2 TW (0,8mm x 40 mm). R 305895. BD Eclipse™ Needle.
- Pinza Colibrí. R 7862. Moria.
- Llave de tres vías. Discoset.
- Vitrectomo: *ACCURUS*. Alcon-Model 800CS. Alcon Laboratories, Inc. Fort Worth. Texas. USA. Alcon-Cusi S. A. El Masnou, Barcelona. España.
- Trocar MRV/cánula 23G. Alcon Laboratories, Inc. Fort Worth. Texas. USA. Alcon-Cusi S. A. El Masnou, Barcelona. España.
- Trocar MRV/cánula 25G. Alcon Laboratories, Inc. Fort Worth. Texas. USA. Alcon-Cusi S. A. El Masnou, Barcelona. España.
- Sonda de vitrectomía Accurus 2500. R 8065741018. Alcon Laboratories, Inc. Fort Worth. Texas. USA. Alcon-Cusi S. A. El Masnou, Barcelona. España.

- Sonda de vitrectomía Accurus 1500. R 8065741016. Alcon Laboratories, Inc. Fort Worth. Texas. USA. Alcon-Cusi S. A. El Masnou, Barcelona. España.
- Sonda de iluminación 23G. R 8065750972. Alcon Laboratories, Inc. Fort Worth. Texas. USA. Alcon-Cusi S. A. El Masnou, Barcelona. España.
- Sonda de iluminación 25G. R 8065750976. Alcon Laboratories, Inc. Fort Worth. Texas. USA. Alcon-Cusi S. A. El Masnou, Barcelona. España.
- Metilcelulosa. Celoftal™. Hidroxipropil metilcelulosa 2%. 1.5 ml. Alcon-Cusi S. A. El Masnou, Barcelona. España.
- Lente de campo amplio AVI. Sistema de contacto indirecto. AF 090590.
- Soporte manual de lente de campo amplio. Moria.
- Solución salina balanceada (BSS). R 0007950072. Alcon Laboratories, Inc. Fort Worth. Texas. USA. Alcon-Cusi S. A. El Masnou, Barcelona. España.
- Jeringa 5 ml. BD Plastipak™.
- Azul de metilino 1%. La botica de argensola. Laboratorios Krinon. Secundum Artem.
- Hemostetas. Esponjas absorbentes oculares. R 581089 Vispear™ eye sponge. Visitec™. Becton Dickinson and company. Franklin Lakes. USA.

## **IV. 2.- MÉTODOS**

---

### **IV. 2. 1. Técnica quirúrgica**

Todas las intervenciones fueron realizadas en los laboratorios Alcon (Alcobendas, Madrid) por el mismo cirujano y ayudante.

Para las intervenciones se utilizó un microscopio quirúrgico con dos binoculares que permitió la participación activa de ambos. El microscopio contó con un pedal de control que, manejado con el pie izquierdo, permitía enfocar, desplazar y variar el zoom del aparato, así como encender y apagar su fuente de luz.

#### **IV. 2. 1. 1. Preparación a la vitrectomía**

En primer lugar, encendemos el sistema de vitrectomía Accurus 800CS (Alcon Laboratories, Inc. Fort Worth. Texas. USA) y comprobamos que la conexión de este con la bombona de gas estaba establecida. Una vez que el aparato se ha encendido y ha confirmado que la presión neumática ofrecida por la bombona de gas es adecuada, escogemos la opción “procedimiento posterior”, que permite realizar vitrectomía posterior. A continuación, seleccionamos nuestros parámetros grabados con anterioridad en la pestaña “cirujano” y elegimos el protocolo Accurus 2500 ó Accurus 1500, según nos dispongamos a realizar vitrectomía 23 ó 25-gauge respectivamente.

Acto seguido, conectamos la vía neumática del vitreotomo a la respectiva conexión del aparato. Después, enchufamos la fibra óptica de la luz endocular al módulo externo que nos ofrece luz de xenón. Posteriormente, insertamos el cassette en el sistema de vitrectomía. Este posee dos salidas en su parte superior, una destinada a la sonda de extrusión y otra a la que insertamos la vía de aspiración del vitreotomo.

En el siguiente paso, pulsamos el botón “infusión” e insertamos la palomilla de la vía de irrigación en la conexión del aparato iluminada tras apretar dicho botón. A continuación, situamos la botella con solución salina balanceada en el mástil de la máquina a la misma altura del ojo de cerdo e introducimos la cánula metálica de la infusión en la botella. Este conducto insufla aire dentro del frasco, aplicando presión positiva en su interior y controlando así la presión de salida del suero desde la botella hacia el ojo. En el extremo de la vía de infusión se encuentra una llave de tres pasos y la cánula de irrigación, que insertaremos en la cánula transescleral temporal inferior.



Posteriormente, introducimos la sonda del vitreotomo y la de la extrusión en un cuenco con solución salina balanceada, y dejamos que el sistema realice un test de comprobación. La máquina revisará la aspiración y corte del vitreotomo, así como la aspiración de la sonda de extrusión. Si las conexiones son correctas, el test será superado.

A continuación, configuramos el sistema de vitrectomía según el calibre del vitreotomo utilizado. De esta forma, en las cirugías con vitreotomo 23-gauge, el rango de aspiración mínima y máxima que establecimos en el sistema de vitrectomía fue 80-500 mm Hg, siendo 80 mm Hg la menor aspiración ejercida y 500 mm Hg la obtenida con el pedal pisado a fondo; mientras, el rango de frecuencia de corte del vitreotomo lo situamos entre 1000 y 2500 cortes por minuto, según estuviera el pedal pisado a fondo o al mínimo respectivamente. Por su parte, en las cirugías con vitreotomo 25-gauge, el rango de aspiración de este fue de 150 a 600 mm Hg, y la frecuencia de corte osciló entre 800 y 1500 cortes por minuto. La presión de aspiración que establecemos en el aparato en vitrectomía 25-gauge es mayor que la de 23-gauge, ya que la sonda de vitrectomía de la primera es más estrecha que la de la segunda, y a igual presión de aspiración, el flujo de aspiración es menor.<sup>87</sup> De esta forma, igualamos en lo posible los flujos de aspiración de ambos vitreotomos.

Con el fin de igualar al máximo las condiciones de todos los ojos en el momento de evaluar la resistencia mecánica a la apertura de las esclerotomías ante diferentes presiones de infusión, decidimos usar en todos los casos una infusión de 23-gauge. Este hecho no tuvo consecuencias significativas en el desarrollo de las vitrectomías 23 ó 25-gauge, ya que en ambos casos, el caudal de irrigación fue siempre el suficiente para mantener el tono ocular adecuado, compensando de forma apropiada las pérdidas de contenido intraocular secundarias a la aspiración por parte del vitreotomo.

#### IV. 2. 1. 2. Acceso por vía *pars plana*

Colocamos el ojo en un soporte que simula una cara humana con sus dos órbitas y que permite su fijación adecuada. Todos los ojos presentan una midriasis adecuada para la realización de la vitrectomía.

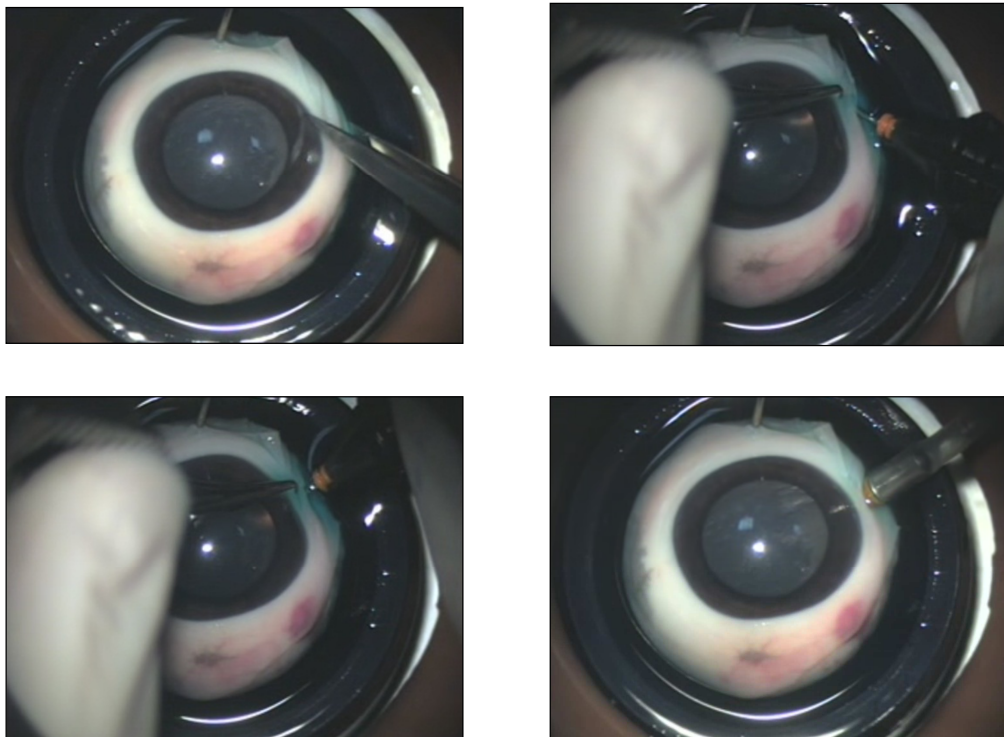
A continuación, localizamos la *pars plana* por la que accederemos al interior del ojo. En el cerdo, la *pars plana* mide 2 mm de ancho, y se encuentra entre los 4,5 y los 6,5 mm de distancia del limbo corneoescleral.<sup>160</sup> De esta forma, para localizar este punto, usamos un compás quirúrgico con el que medimos 5,5 mm desde el limbo corneoescleral.

Acto seguido, dejamos introducida a través de la *pars plana* y a las 6 horas, una aguja cerrada de 21-gauge que será de gran importancia en el desarrollo de nuestro estudio.

Cada una de las 3 esclerotomías transconjuntivales, necesarias para realizar la vitrectomía por vía *pars plana*, se crearon mediante incisiones oblicuas en los cuadrantes inferotemporal, superotemporal y superonasal, con esclerotos 23-gauge (0,74 mm de diámetro) ó 25-gauge (0,61 mm de diámetro)<sup>94</sup> según el caso. Para ello, tensamos la conjuntiva con una pinza e introducimos los esclerotos en el ojo de forma oblicua, describiendo un ángulo de 30° a 40° con la superficie escleral, paralelamente al limbo y con el bisel hacia arriba. Cuando la primera parte del escleroto hubo entrado (hasta el comienzo de la cánula), rectificamos el ángulo hasta los 90° e introducimos el resto del trocar perpendicularmente a la superficie ocular. Al retirar el trocar, la cánula quedó introducida en el ojo a través de la esclera, en una posición ligeramente inclinada.

De esta forma, insertamos la vía de infusión de 23-gauge en el cuadrante inferotemporal (figura 5) y la fijamos al soporte facial con papel adhesivo. Será

importante comprobar la permeabilidad de la vía de infusión antes de colocarla. Una vez insertada, debemos visualizarla libre en la cavidad vítrea antes de abrir la infusión. La botella de suero, situada a la misma altura que el ojo a intervenir, está conectada a este por la línea de infusión, en la cual se coloca una llave de tres pasos, que más adelante nos permitirá cambiar la entrada de solución salina balanceada por la de azul de metileno.

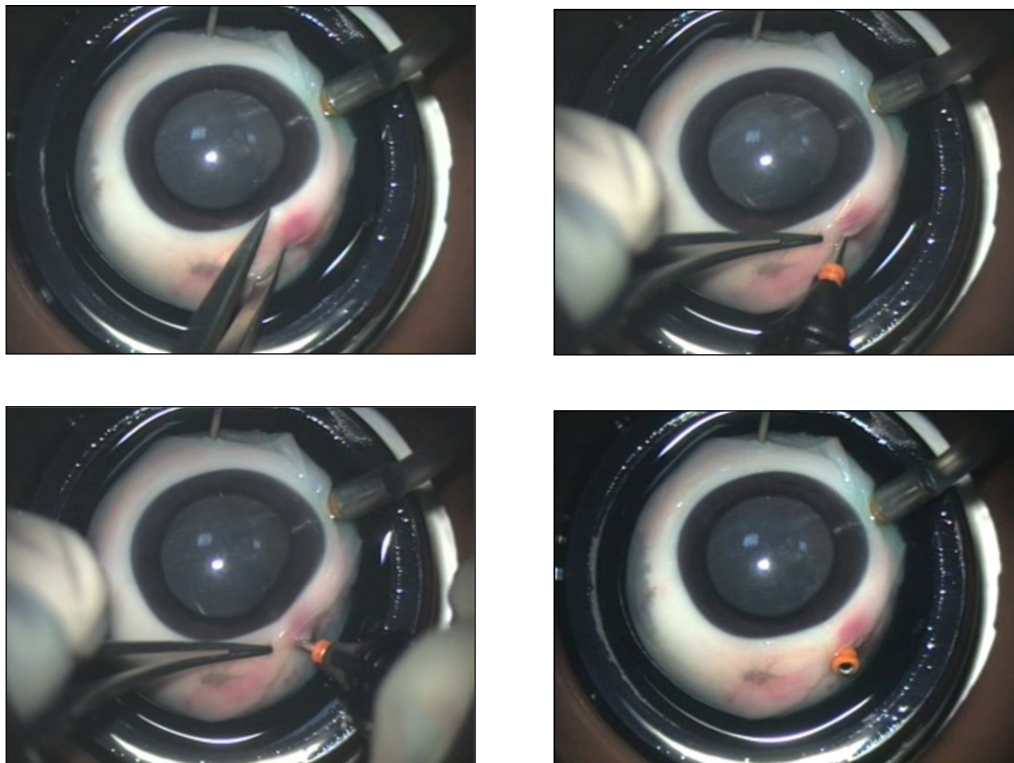


**Figura 5.** Arriba izquierda - Se localiza la pars plana midiendo de forma radial con compás 5,5 mm desde el limbo corneoescleral. Arriba derecha - Se inserta el esclerotomo 23-gauge de forma oblicua, hasta el inicio de la cánula. Abajo izquierda - Se rectifica la dirección del trocar, y se termina de insertar de forma perpendicular a la superficie escleral. Abajo derecha - Se introduce la vía infusión en la cánula ya insertada.

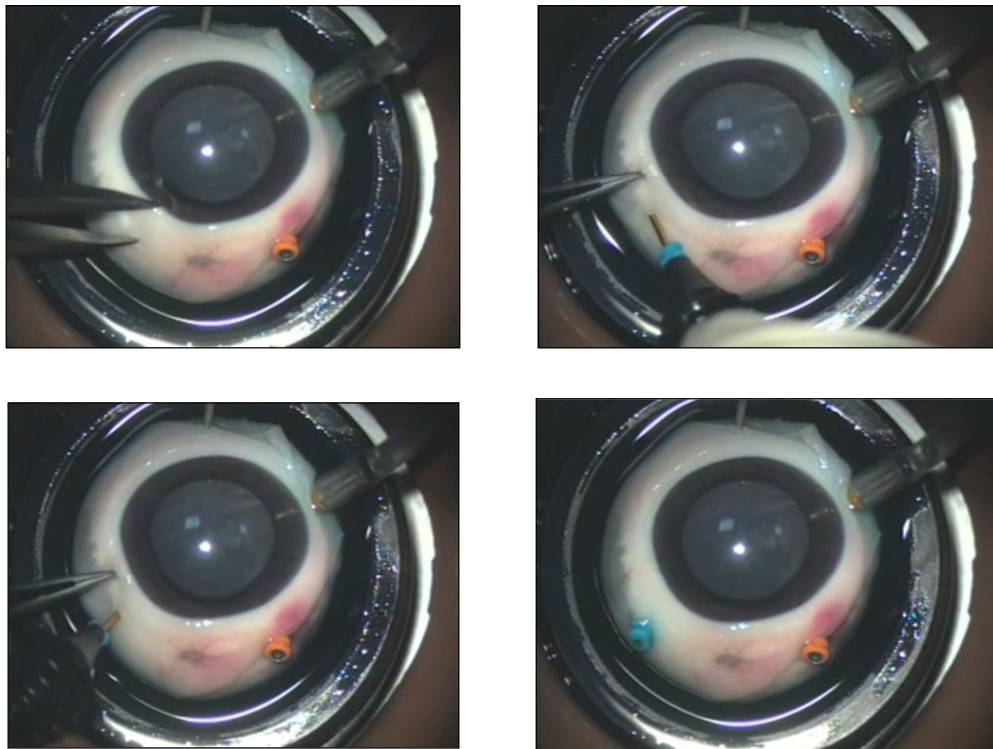
A continuación, creamos las esclerotomías superiores, destinadas a la entrada de la sonda del vitreotomo, manejada por la mano dominante (figura 6), y la sonda de iluminación endocular (figura 7), manejada por la mano no dominante.

Con el fin de minimizar el efecto que las posibles diferencias individuales de los 120 ojos de cerdo utilizados pudieran provocar en el estudio del comportamiento de las incisiones ante las diferentes presiones intraoculares evaluadas, y dado que en cada uno de los ojos ya se emplean los dos tipos de sonda estudiadas según el uso al que se destinan (sonda de vitreotomo, manejada por la mano dominante, y sonda de iluminación manejada por la mano no dominante), decidimos al planificar el experimento, tener presentes también en cada uno de los ojos los dos calibres de esclerotomía analizados en el estudio (23 y 25-gauge).

De esta forma, al crear las esclerotomías destinadas a la entrada de la sonda del vitreotomo y la sonda de iluminación endocular, utilizamos un esclerotomo de 23-gauge y otro de 25-gauge para cada incisión alternativamente. Así, en 60 ojos escogidos aleatoriamente, empleamos una sonda de vitrectomía 23-gauge y una sonda de iluminación 25-gauge, mientras que en los otros 60 ojos empleamos un vitreotomo 25-gauge y luz 23-gauge.



**Figura 6.** Arriba izquierda - Se localiza la pars plana midiendo de forma radial con compás 5,5 mm desde el limbo corneoescleral. Arriba derecha - Se inserta el esclerotomo de forma oblicua, hasta el inicio de la cánula; en este caso, el esclerotomo tiene un calibre de 23-gauge. Abajo izquierda - Se rectifica la dirección del trocar, y se termina de insertar de forma perpendicular a la superficie escleral. Abajo derecha - Se observa la cánula introducida en la esclera, ligeramente inclinada.



**Figura 7.** Arriba izquierda - Se localiza la pars plana midiendo de forma radial con compás 5,5 mm desde el limbo corneoescleral. Arriba derecha - Se inserta el esclerotomo de forma oblicua, hasta el inicio de la cánula; en este caso, el esclerotomo tiene un calibre de 25-gauge. Abajo izquierda - Se rectifica la dirección del trocar, y se termina de insertar de forma perpendicular a la superficie escleral. Abajo derecha - Se observa la cánula introducida en la esclera, ligeramente inclinada.

Por último, aplicamos metilcelulosa (Celoftal™) sobre la córnea y colocamos una lente de contacto de campo amplio sobre esta. La lente utilizada fue indirecta, por lo que necesitamos la presencia de un inversor de imagen en el microscopio quirúrgico, que nos permitiera obtener imágenes directas no invertidas.

#### **IV. 2. 1. 3. Vitrectomía por vía *pars plana***

La vitrectomía por *vía pars plana* fue practicada con el sistema de vitrectomía Accurus 800CS (figuras 8 y 9), que cuenta con el sistema VGFI (Vented Gas Forced Infusion) de control de presiones.

La pieza de mano del vitreotomo consiste en un cilindro de metal con un soporte de plástico que permite su manejo con la mano dominante. En la parte distal del cilindro hay una pieza de corte –tipo guillotina– que es activada de forma neumática por el sistema de vitrectomía. La pieza de mano del vitreotomo está conectada al Accurus por dos vías, una neumática que activa el mecanismo de corte y otra de aspiración. La fuente de iluminación endocular procede de un módulo externo anexo que nos ofrece luz de xenón. A través de una fibra óptica, la luz es transmitida hasta la sonda de iluminación.

El control del vitreotomo se realiza desde el pedal. El modo de vitrectomía 3D nos permite controlar de forma eficaz tanto el vacío como la cantidad de cortes por minuto de la cabeza del vitreotomo en las diferentes etapas de la cirugía. De esta forma, a través de este protocolo, a mayor profundidad de pisada del pedal, la presión de aspiración aumenta y el número de cortes por minuto disminuye, y viceversa. Así, al realizar en primer lugar la vitrectomía central, pisamos en mayor grado el pedal, obteniendo tasas de aspiración altas y velocidades de corte bajas. Una vez realizada esta fase, practicamos la vitrectomía periférica. En ella, pisamos en menor grado el pedal de control, obteniendo tasas de aspiración bajas y velocidades de corte altas. De esta manera, al trabajar en las proximidades de la retina, adquirimos una actitud quirúrgica más conservadora.

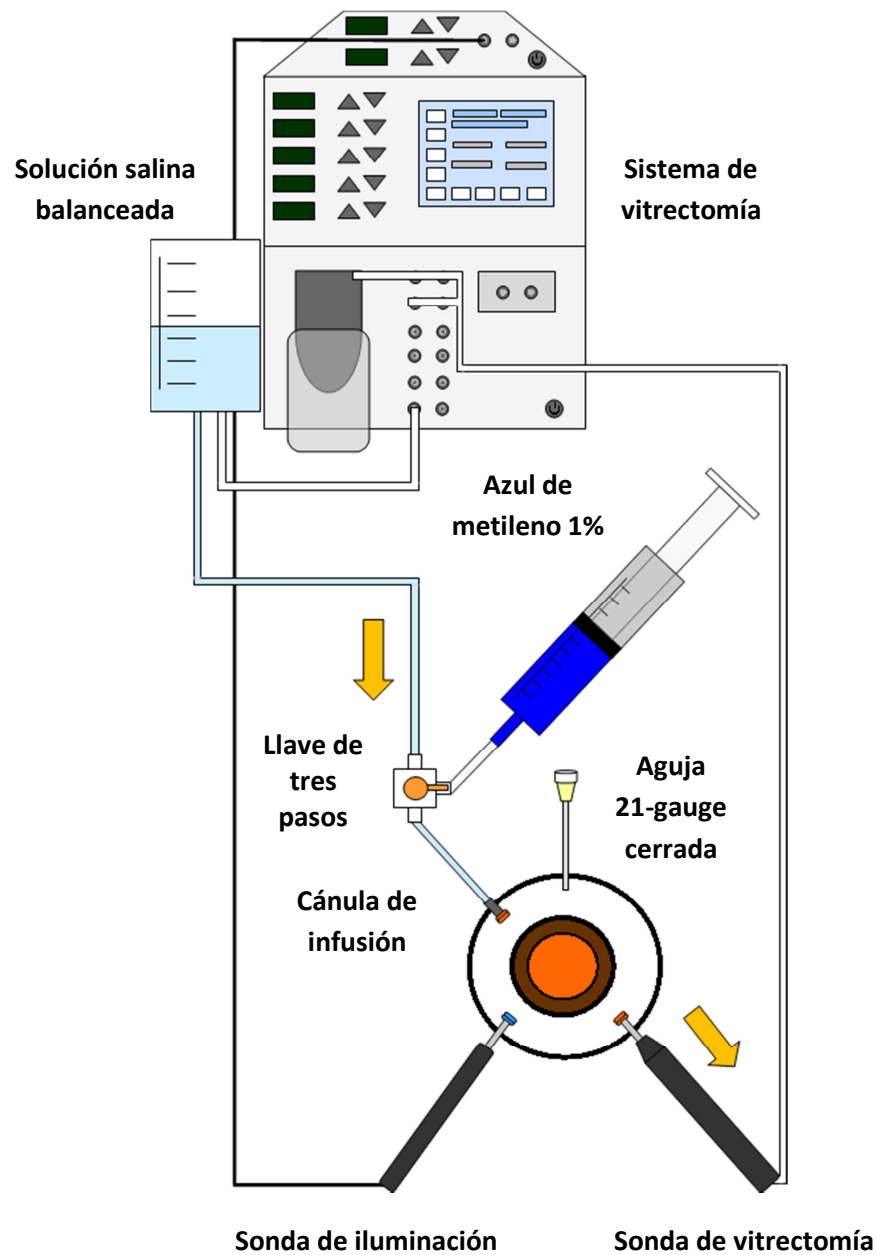
Durante la vitrectomía, mantuvimos una presión de infusión constante de 35 mm Hg.



**Figura 8.** Vitrectomía por vía pars plana en desarrollo. En este caso, empleamos una sonda de vitrectomía 23-gauge e iluminación 25-gauge.

Una vez practicada la cirugía, retiramos las sondas del vitreotomo y de iluminación endocular, y confirmamos que la vitrectomía periférica fue eficaz, comprobando la salida libre de solución salina balanceada intraocular a través de las cánulas y de la aguja 21-gauge, a la que dejamos sin tapón.

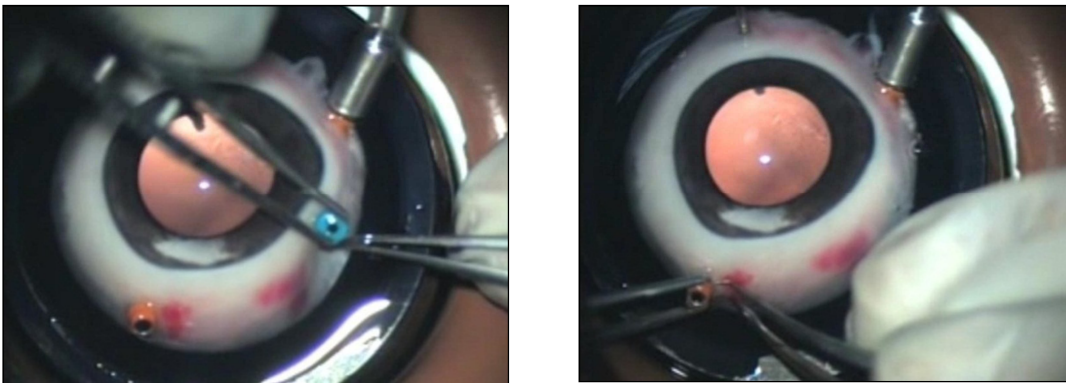




**Figura 9.** Representación esquemática de las conexiones del circuito durante la fase de vitrectomía. Las flechas en los diferentes puntos del circuito indican el sentido que presenta el fluido a su paso.

#### IV. 2. 1. 4. Retirada de cánulas

Al finalizar la vitrectomía, retiramos las cánulas superiores siguiendo el trayecto oblicuo de las incisiones. Para ello, nos ayudamos de una pinza con la que atrapamos los bordes de la esclerotomía a la vez que retiramos la cánula (figura 10). Las esclerotomías quedaron cerradas sin necesidad de punto de sutura.



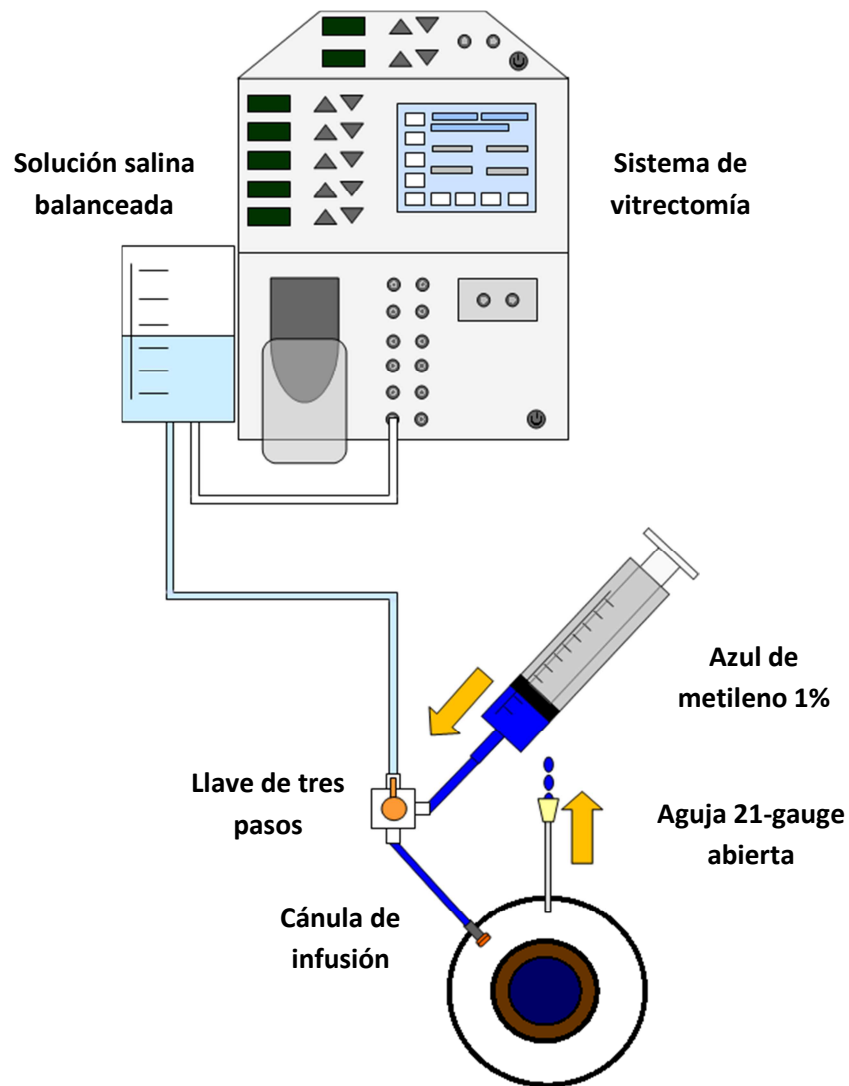
**Figura 10.** Retirada de cánulas, siguiendo el trayecto oblicuo de las incisiones.

#### **IV. 2. 1. 5. Intercambio de solución salina balanceada por azul de metileno 1%**

Una vez retiradas las cánulas superiores, interrumpimos la entrada al ojo de solución salina balanceada, a nivel de la llave de tres pasos de la vía de infusión. A continuación, introducimos azul de metileno líquido al 1% por dicha vía, a través de la llave de tres pasos, hasta que llenamos la cavidad vítrea y refluyó colorante por la aguja de 21-gauge introducida a las 6 horas (figuras 11 y 12).



**Figura 11.** Introducimos azul de metileno líquido al 1% por la vía de infusión, a través de la llave de tres pasos, hasta que llenamos la cavidad vítrea y refluyó colorante por la aguja de 21-gauge introducida a las 6 horas.

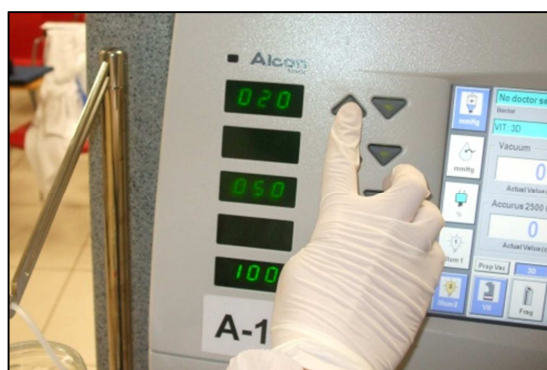


**Figura 12.** Representación esquemática de las conexiones del circuito durante la fase de intercambio de solución salina balanceada por azul de metileno al 1%. Las flechas en los diferentes puntos del circuito indican el sentido que presenta el fluido a su paso.

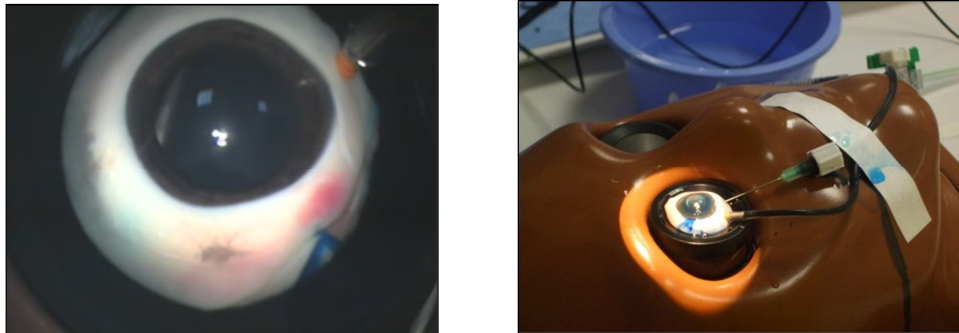
#### IV. 2. 1. 6. Estudio de la resistencia de las esclerotomías

Una vez realizado el intercambio intraocular de solución salina balanceada por azul de metileno al 1%, bajamos la presión de infusión a 0 mm Hg, tapamos de nuevo la aguja de 21-gauge y abrimos la vía de infusión procedente del sistema de vitrectomía a nivel de la llave de tres pasos. Acto seguido, el cirujano elevó la presión intraocular, monitorizada por el sistema VGFI del sistema de vitrectomía Accurus, de forma lenta y progresiva, a razón de 5 mm Hg cada 20 segundos (figura 13), hasta que un observador enmascarado advirtiera filtrado de azul de metileno a través de alguna de las esclerotomías (figuras 14 y 15). En caso de llegar a los 120 mm Hg, que es la presión máxima que aplica el sistema, sin observarse drenaje por parte de ninguna de las incisiones, aumentamos la presión digitalmente hasta que alguna de las esclerotomías cediera. Para ello, apretamos con ambos dedos índice a las 5 y a las 7 horas a nivel del limbo esclerocorneal, en dirección al centro del ojo. En estos casos, la presión intraocular registrada fue de  $> 120$  mm Hg.

Al planificar el estudio, nos pareció adecuado emplear el control de presión de infusión que proporciona el sistema de vitrectomía Accurus en la fase de comprobación de la estanqueidad de las esclerotomías a diferentes presiones, dado que se trata de un método objetivo y cuantitativo, que permite su posterior análisis estadístico.



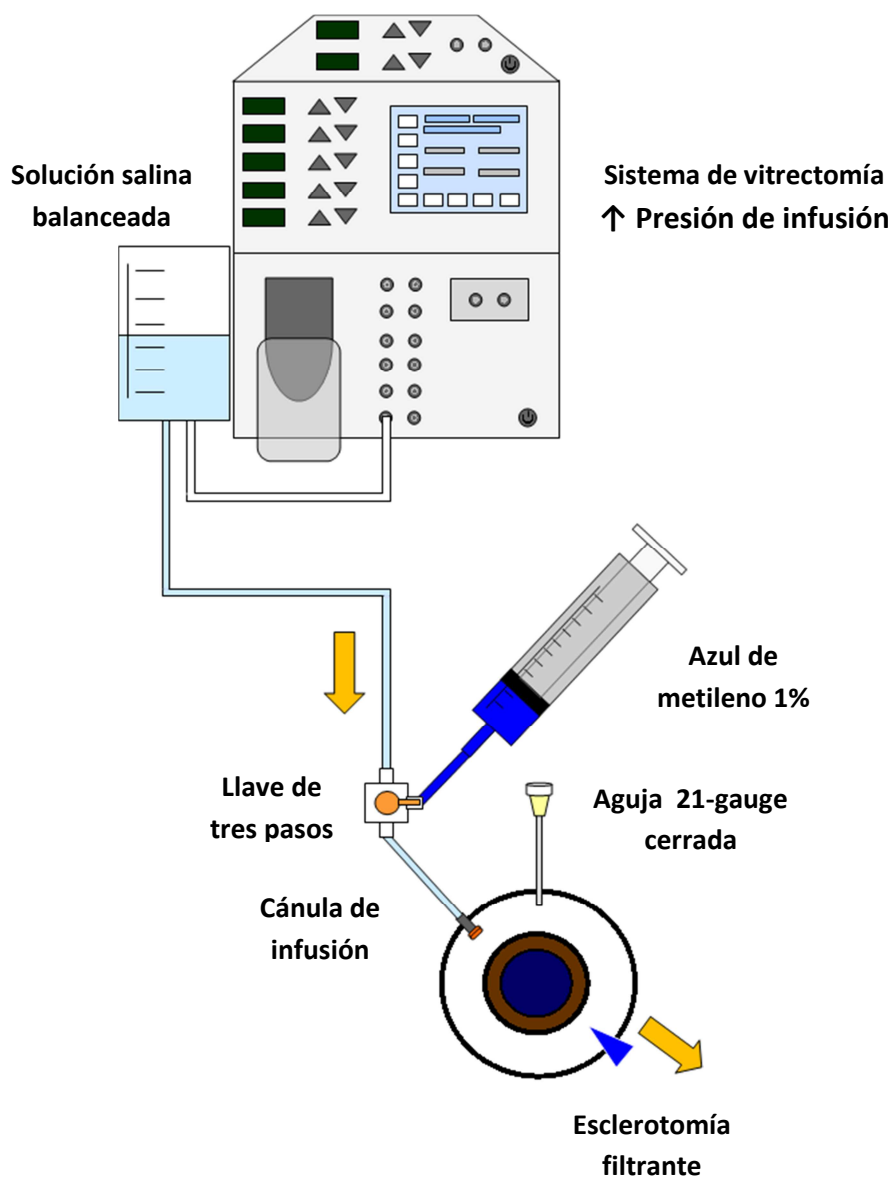
**Figura 13.** Elevamos la presión intraocular monitorizada por el sistema Accurus a razón de 5 mm Hg cada 20 segundos.



**Figura 14.** Elevamos la presión intraocular hasta que una de las esclerotomías superiores mostrara filtrado de azul de metileno.

Las sondas de vitreotomía e iluminación, así como las cánulas y los esclerotomos fueron desechables, de forma que se renovaron después de cada vitrectomía. Además, todo el proceso fue grabado en vídeo.

Finalmente, incluimos en una base de datos los resultados obtenidos acerca de cuál de las esclerotomías superiores fue la primera en mostrarse incompetente en cada uno de los ojos, según su calibre (23 ó 25-gauge) y el uso al que estuviera destinada (entrada de la sonda del vitreotomo o la de la iluminación endocular), y qué presión intraocular fue necesaria para ello.



**Figura 15.** Representación esquemática de las conexiones del circuito en la fase de comprobación de la estanqueidad incisional ante el aumento de la presión intraocular. Las flechas en los diferentes puntos del circuito indican el sentido que presenta el fluido a su paso.

#### **IV. 2. 2. Variables estudiadas**

Consideramos como variable dependiente la presión de infusión a la que se observó filtrado de líquido intraocular a través de alguna de las esclerotomías superiores, una vez retiradas las cánulas esclerales. La presión en sí se trata de una variable continua pero, dado que evaluamos el cierre de las incisiones a diferentes presiones, aplicando saltos ascendentes de 5 en 5 mm Hg y sobretodo, que en caso de alcanzar la máxima presión que aplica el sistema (120 mm Hg) sin observar salida de líquido, aumentamos la presión digitalmente hasta conseguir la apertura de alguna de las esclerotomías, entendiendo en todos estos casos como necesaria para la pérdida de la competencia incisional una presión de  $> 120$  mm Hg, la variable presión sólo implica orden. Por tanto, la consideramos como ordinal en su tratamiento estadístico.

Por su parte, consideramos como variables independientes de naturaleza cualitativa nominal y dicotómica el calibre de la esclerotomía filtrante (23 ó 25-gauge) y el uso al que esta estuviera destinada (sonda del vitreotomo, manipulada por la mano dominante, o sonda de iluminación, manipulada por la mano no dominante).



#### **IV. 2. 3. Método estadístico**

El análisis estadístico de los datos se ha realizado mediante el programa SPSS 17.0.

El estudio del número de esclerotomías que fugan líquido según su calibre (23 ó 25-gauge), o según el uso al que estuvieran destinadas (entrada de sonda de vitreotomo o sonda de luz), se realizó usando el test de una proporción con su corrección por continuidad dado que, al aproximar por la distribución normal, no manejamos valores continuos, sino discretos.

En el estudio de las presiones a las que fugan las distintas esclerotomías según su calibre o según la sonda que albergan, empleamos el test no paramétrico de los rangos de Wilcoxon (o U de Mann-Whitney), ya que consideramos la presión una variable ordinal en su tratamiento estadístico.

En el análisis del número de esclerotomías que muestran filtrado en los diferentes subgrupos de incisiones, combinando su calibre y su uso, empleamos el test de la Chi cuadrado con corrección por continuidad de Yates.

Por último, no consideramos adecuado analizar mediante el test no paramétrico de Kruskal-Wallis la presión a la que filtran líquido intraocular los diferentes subgrupos de esclerotomías, combinando su calibre y su uso, dado que no fue posible considerar las muestras como independientes.

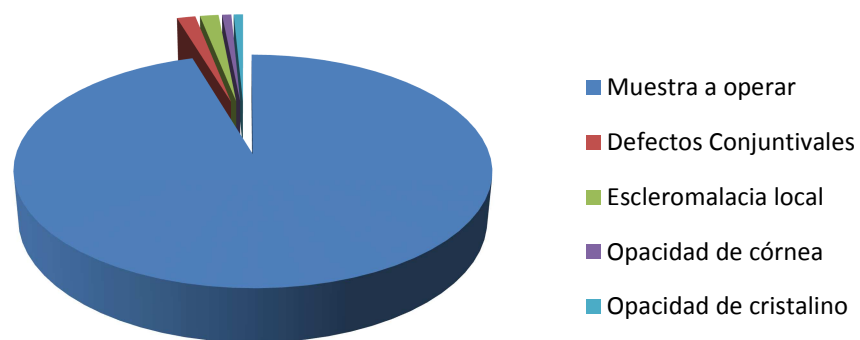
## **V. RESULTADOS**

## V. 1. ESTUDIO DESCRIPTIVO

### V. 1. 1. Población incluida en el estudio

En primer lugar, seleccionamos 130 ojos de cerdo. De entre todos ellos, realizamos vitrectomía sobre 124 ojos, después de aplicar los criterios de exclusión. Los motivos por los que excluimos 8 ojos del primer grupo fueron los siguientes:

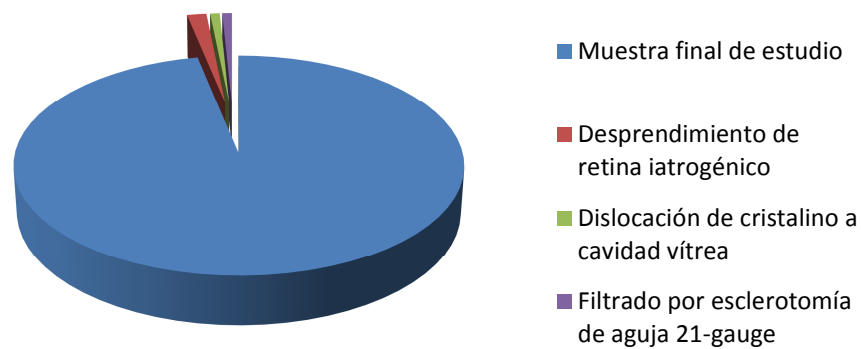
- Defectos conjuntivales:  $n = 2$  (1,54%)
- Escleromalacia local:  $n = 2$  (1,54%)
- Opacidad de córnea:  $n = 1$  (0,77%)
- Opacidad de cristalino:  $n = 1$  (0,77%)



**Figura 16 – Diagrama de sectores.** Población inicial sobre la que se aplican los criterios de exclusión.

A su vez, aplicamos los criterios de exclusión sobre el grupo de ojos operados, extrayendo una muestra final de 120 ojos de cerdo. Los motivos por los que excluimos 4 de los ojos vitrectomizados fueron los siguientes:

- Desprendimiento de retina iatrogénico:  $n = 2$  (1,6%).
- Dislocación de cristalino a cavidad vítrea:  $n = 1$  (0,8%).
- Filtrado por esclerotomía de aguja 21-gauge:  $n = 1$  (0,8%).

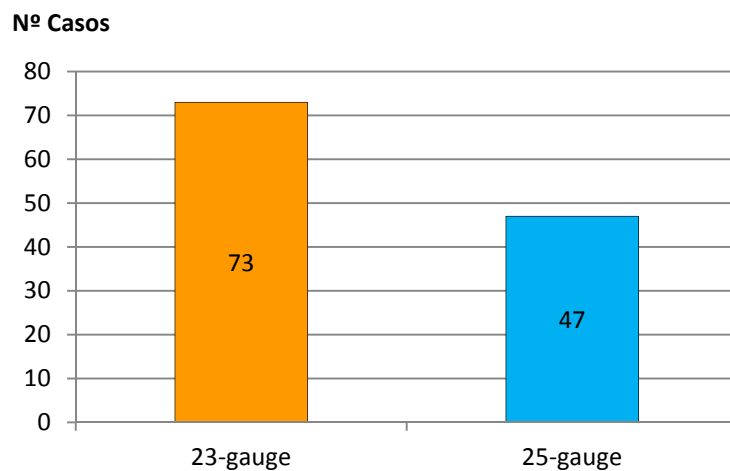


**Figura 17 – Diagrama de sectores.** Población vitrectomizada sobre la que se aplican los criterios de exclusión.

## **V. 1. 2. Esclerotomías que muestran filtrado en función de su calibre**

### **V. 1. 2. 1. Número de esclerotomías que muestran filtrado en función de su calibre**

- Esclerotomías 23-gauge que muestran filtrado: 73 casos, del total de 120 esclerotomías (60,83%).
- Esclerotomías 25-gauge muestran filtrado: 47 casos, del total de 120 esclerotomías (39,16%).

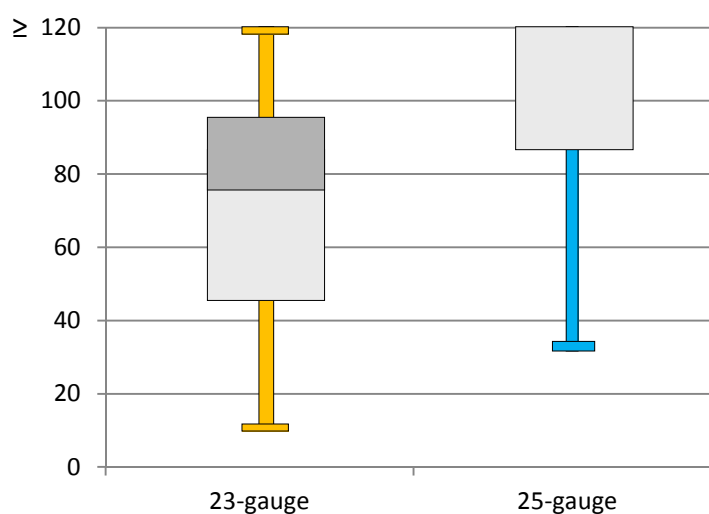


**Figura 18 – Diagrama de barras.** Número de esclerotomías que mostraron drenaje de líquido en función de su calibre.

### V. 1. 2. 2. Presión a la que filtran las esclerotomías en función de su calibre

	Nº Casos (total 120)	Valor Presión Mín. (mm Hg)	Valor Presión Máx. (mm Hg)	1er Cuartil (mm Hg)	2º Cuartil (mm Hg)	3er Cuartil (mm Hg)
23-gauge	73	10	> 120	45	75	95
25-gauge	47	35	> 120	85	> 120	> 120

**Presión Intraocular**



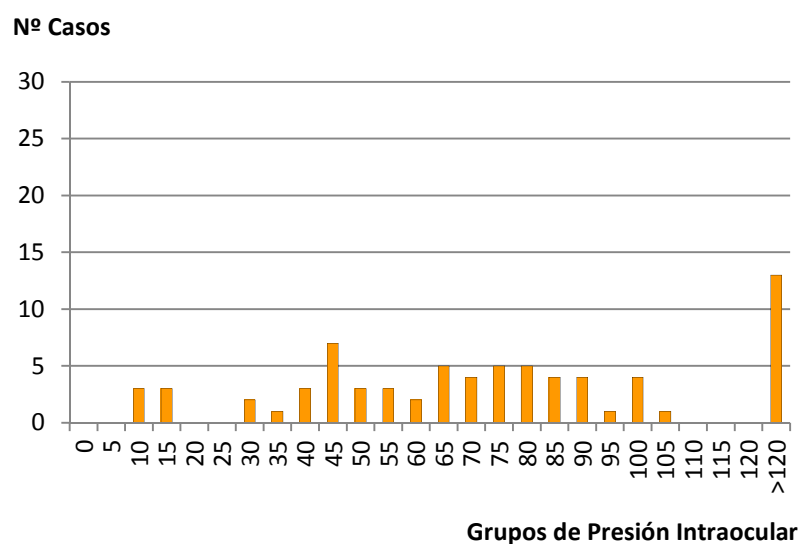
**Figura 19 – Diagrama de cajas y bigotes.** Rangos y cuartiles de presión de filtración de las esclerotomías 23 y 25-gauge filtrantes.

- **Distribución de los casos según grupos de presión de filtración**

**Esclerotomías 23-gauge filtrantes**

Grupos de Presión (mm Hg)	Nº Casos 23-gauge	Grupos de Presión (mm Hg)	Nº Casos 23-gauge
0	0	65	5
5	0	70	4
10	3	75	5
15	3	80	5
20	0	85	4
25	0	90	4
30	2	95	1
35	1	100	4
40	3	105	1
45	7	110	0
50	3	115	0
55	3	120	0
60	2	>120	13

**Figura 20 - Tabla de frecuencias.** Número de casos por grupo de presión que muestran drenaje de líquido intraocular en las esclerotomías 23-gauge.

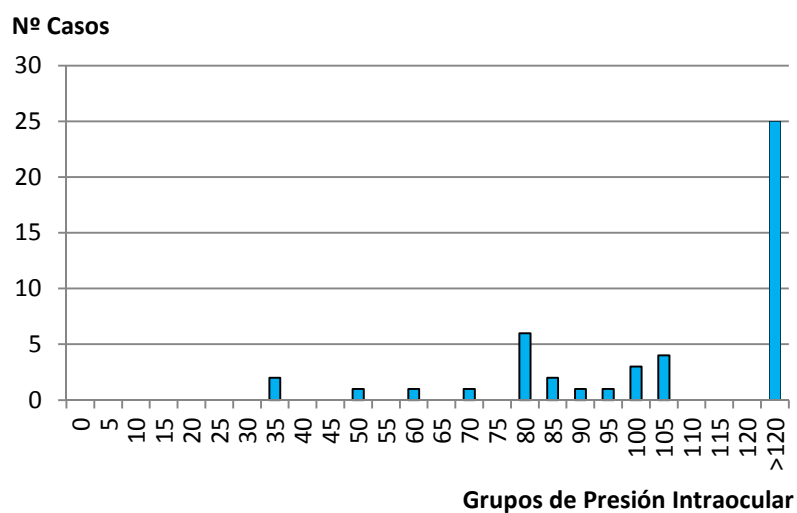


**Figura 21 – Diagrama de barras.** Número de casos por grupo de presión que muestran drenaje de líquido intraocular en las esclerotomías 23-gauge.

## Esclerotomías 25-gauge filtrantes

Grupos de Presión (mm Hg)	Nº Casos 25-gauge	Grupos de Presión (mm Hg)	Nº Casos 25-gauge
0	0	65	0
5	0	70	1
10	0	75	0
15	0	80	6
20	0	85	2
25	0	90	1
30	0	95	1
35	2	100	3
40	0	105	4
45	0	110	0
50	1	115	0
55	0	120	0
60	1	>120	25

**Figura 22 - Tabla de frecuencias.** Número de casos por grupo de presión que muestran drenaje de líquido intraocular en las esclerotomías 25-gauge.



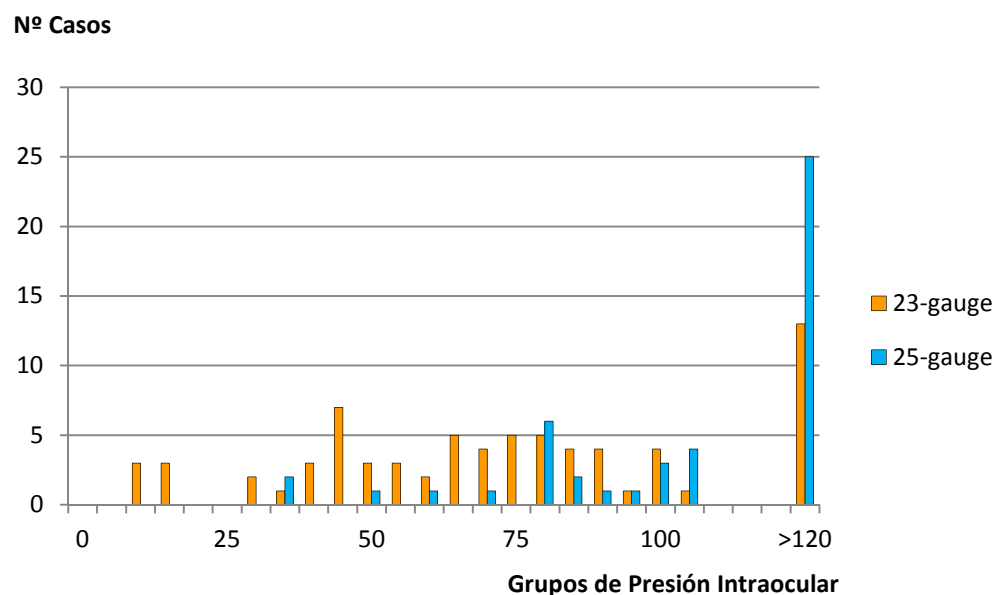
**Figura 23 – Diagrama de barras.** Número de casos por grupo de presión que muestran drenaje de líquido intraocular en las esclerotomías 25-gauge.



## Esclerotomías 23 y 25-gauge filtrantes

Grupos de Presión (mm Hg)	Nº Casos 23-gauge	Nº Casos 25-gauge	Grupos de Presión (mm Hg)	Nº Casos 23-gauge	Nº Casos 25-gauge
0	0	0	65	5	0
5	0	0	70	4	1
10	3	0	75	5	0
15	3	0	80	5	6
20	0	0	85	4	2
25	0	0	90	4	1
30	2	0	95	1	1
35	1	2	100	4	3
40	3	0	105	1	4
45	7	0	110	0	0
50	3	1	115	0	0
55	3	0	120	0	0
60	2	1	>120	13	25

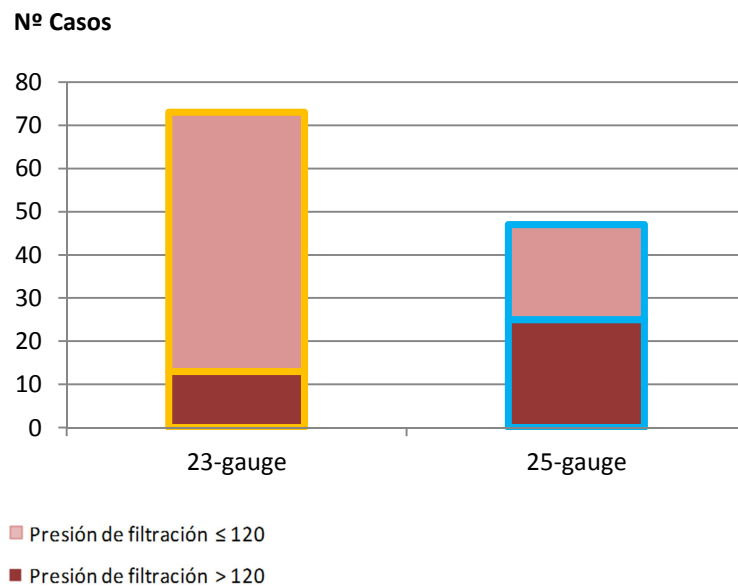
**Figura 24 - Tabla de frecuencias.** Número de casos por grupo de presión que muestran drenaje de líquido intraocular en las esclerotomías 23 y 25-gauge.



**Figura 25 – Diagrama de barras.** Número de casos por grupo de presión que muestran drenaje de líquido intraocular en las esclerotomías 23-gauge (73 casos) y 25-gauge (47 casos).

- **Proporción de esclerotomías 23 y 25-gauge que filtran líquido intraocular a  $> 120$  mm Hg, en función de su calibre:**

- Esclerotomías 23-gauge: 13 casos drenaron a  $> 120$  mm Hg, de un total de 73 esclerotomías; 17,8% de todos los casos.
- Esclerotomías 25-gauge: 25 casos drenaron a  $> 120$  mm Hg, de un total de 47 esclerotomías; 53,19% de todos los casos.

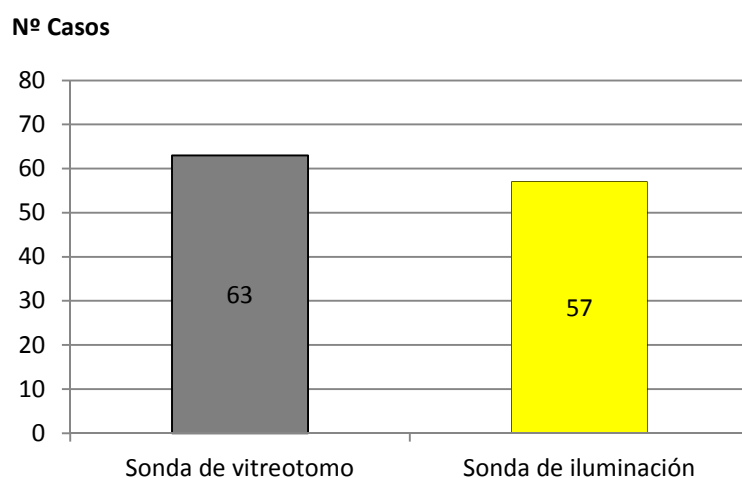


**Figura 26 – Diagrama de barras apiladas.** Número de casos que muestran drenaje de líquido intraocular a  $> \text{ó} \leq 120$  mm Hg, en las esclerotomías 23 y 25-gauge.

### **V. 1. 3. Esclerotomías que muestran filtrado en función de su uso**

#### **V. 1. 3. 1. Número de esclerotomías que muestran filtrado en función de su uso**

- Esclerotomías utilizadas por la sonda del vitreotomo, que drenan líquido intraocular: 63 casos, del total de 120 esclerotomías (52,5% de los casos).
- Esclerotomías utilizadas por la sonda de iluminación, que drenan líquido intraocular: 57 casos, del total de 120 esclerotomías (47,5% de los casos).

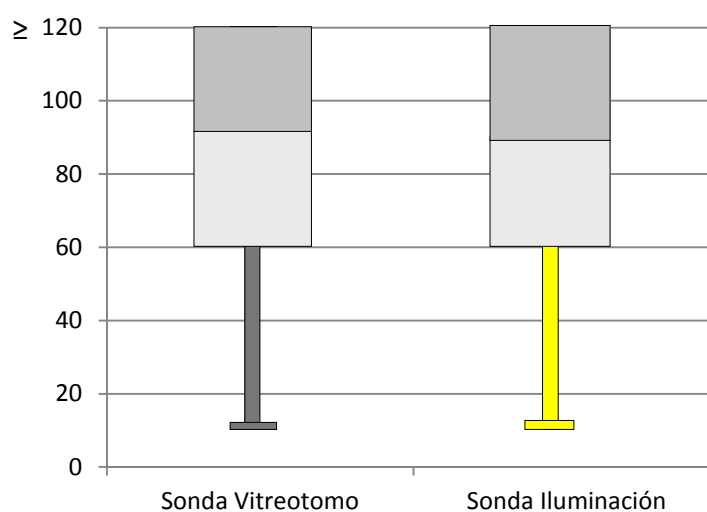


**Figura 27 – Diagrama de barras.** Número de esclerotomías que muestran drenaje de líquido en función del uso al que estuvieran destinadas.

### V. 1. 3. 2. Presión a la que filtran las esclerotomías en función de su uso

	Nº (total 120)	Valor Presión Mín. (mm Hg)	Valor Presión Máx. (mm Hg)	1er Cuartil (mm Hg)	2º Cuartil (mm Hg)	3er Cuartil (mm Hg)
<b>Sonda Vitreotomo</b>	63	10	> 120	60	90	> 120
<b>Sonda Iluminación</b>	57	10	> 120	60	85	> 120

**Presión Intraocular**



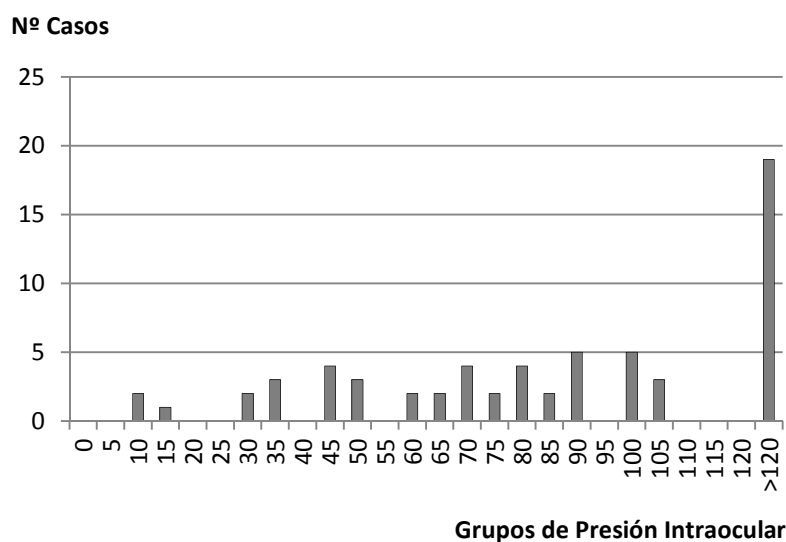
**Figura 28 – Diagrama de cajas y bigotes.** Rangos y cuartiles de presión de filtración en función del uso al que estuvieran destinadas las esclerotomías filtrantes.

### - Distribución de los casos según grupos de presión de filtración

#### Esclerotomías filtrantes utilizadas por la sonda del vitreotomo

Grupos de Presión (mm Hg)	Nº Casos Sonda Vitreotomo	Grupos de Presión (mm Hg)	Nº Casos Sonda Vitreotomo
0	0	65	2
5	0	70	4
10	2	75	2
15	1	80	4
20	0	85	2
25	0	90	5
30	2	95	0
35	3	100	5
40	0	105	3
45	4	110	0
50	3	115	0
55	0	120	0
60	2	>120	19

**Figura 29 - Tabla de frecuencias.** Número de casos por grupo de presión que muestran drenaje de líquido intraocular en las esclerotomías destinadas al paso de la sonda del vitreotomo.

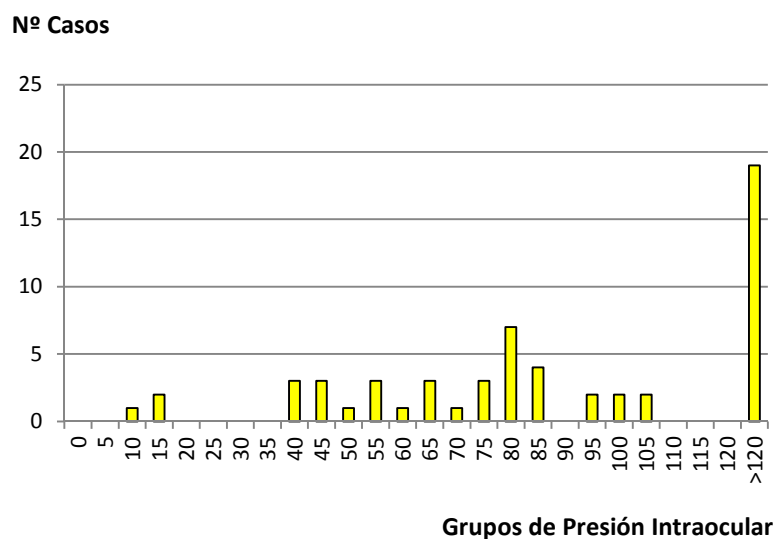


**Figura 30 – Diagrama de barras.** Número de casos por grupo de presión que muestran drenaje de líquido intraocular en las esclerotomías destinadas al paso de la sonda del vitreotomo.

**Esclerotomías filtrantes utilizadas por la sonda de iluminación**

Grupos de Presión (mm Hg)	Nº Casos Sonda Iluminación	Grupos de Presión (mm Hg)	Nº Casos Sonda Iluminación
0	0	65	3
5	0	70	1
10	1	75	3
15	2	80	7
20	0	85	4
25	0	90	0
30	0	95	2
35	0	100	2
40	3	105	2
45	3	110	0
50	1	115	0
55	3	120	0
60	1	>120	19

**Figura 31 - Tabla de frecuencias.** Número de casos por grupo de presión que muestran drenaje de líquido intraocular en las esclerotomías destinadas al paso de la sonda de iluminación.

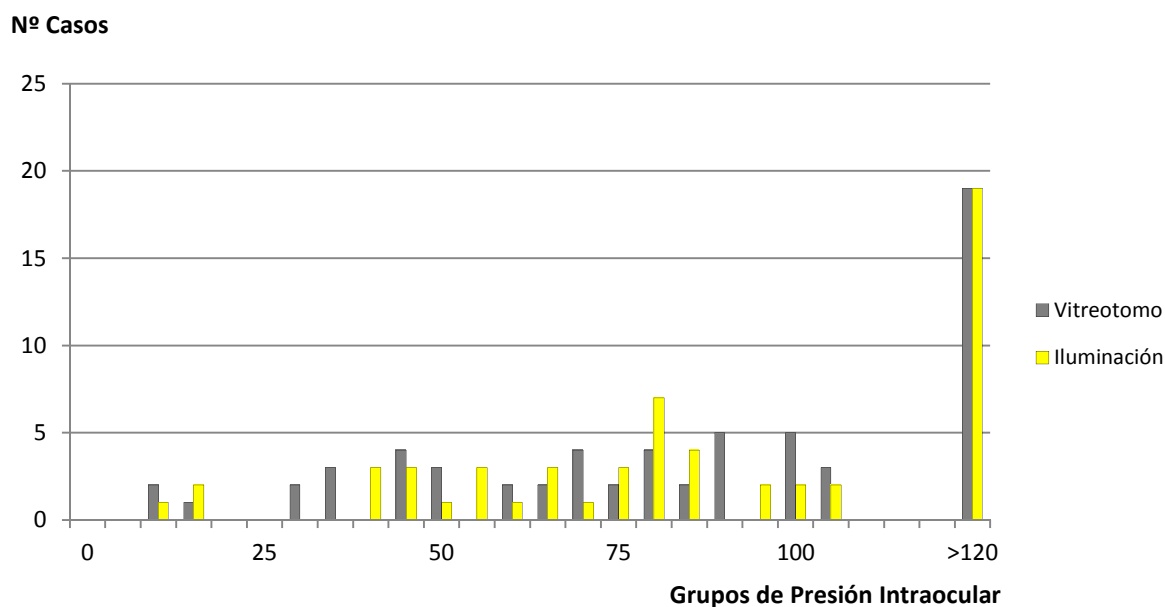


**Figura 32 – Diagrama de barras.** Número de casos por grupo de presión que muestran drenaje de líquido intraocular en las esclerotomías destinadas al paso de la sonda de iluminación.

## Esclerotomías filtrantes utilizadas por la sonda del vitreotomo e iluminación

Grupos de Presión (mm Hg)	Nº Casos Sonda Vitreotomo	Nº Casos Sonda Iluminación	Grupos de Presión (mm Hg)	Nº Casos Sonda Vitreotomo	Nº Casos Sonda Iluminación
0	0	0	65	2	3
5	0	0	70	4	1
10	2	1	75	2	3
15	1	2	80	4	7
20	0	0	85	2	4
25	0	0	90	5	0
30	2	0	95	0	2
35	3	0	100	5	2
40	0	3	105	3	2
45	4	3	110	0	0
50	3	1	115	0	0
55	0	3	120	0	0
60	2	1	>120	19	19

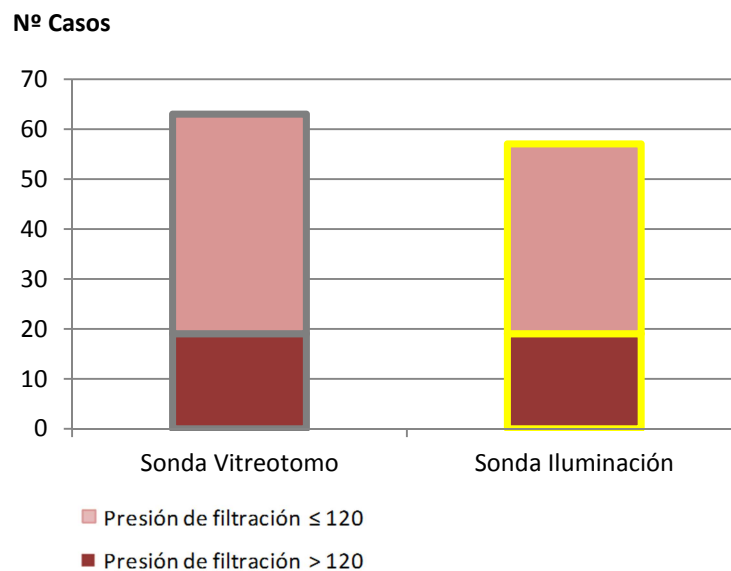
**Figura 33 - Tabla de frecuencias.** Número de casos por grupo de presión que muestran drenaje de líquido, en función del uso al que estuvieran destinadas las esclerotomías.



**Figura 34 – Diagrama de barras.** Número de casos por grupo de presión que muestran drenaje de líquido intraocular, en función el uso al que estuvieran destinadas las esclerotomías: Paso de sonda del vitreotomo (63 casos) o de iluminación (57 casos).

- **Proporción de esclerotomías que filtran líquido intraocular a  $> 120$  mm Hg, en función de su uso**

- Esclerotomías utilizadas por la sonda de vitrectomía: 19 casos drenan a  $> 120$  mm Hg, de un total de 63 esclerotomías; 30,15% de todos los casos.
- Esclerotomías utilizadas por la sonda de iluminación: 19 casos drenan a  $> 120$  mm Hg, de un total de 57 esclerotomías; 33,3% de todos los casos.



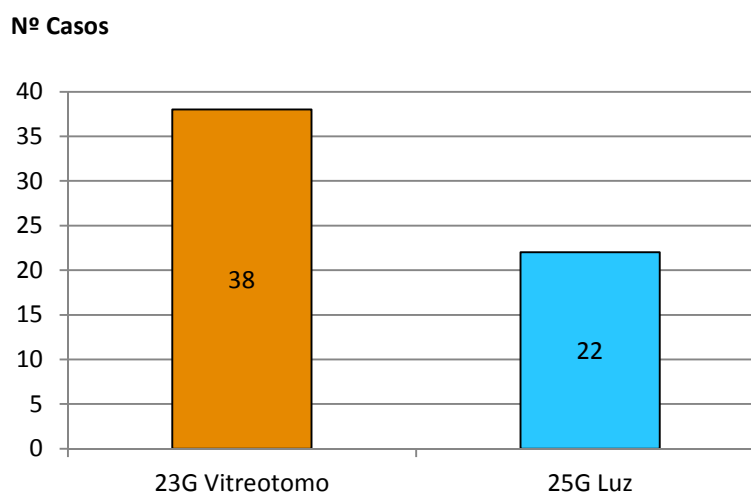
**Figura 35 – Diagrama de barras apiladas.** Número de casos que muestran drenaje de líquido intraocular a  $> \text{ó} \leq 120$  mm Hg, en función del uso de las esclerotomías filtrantes.



#### **V. 1. 4. Esclerotomías que muestran filtrado en los cuatro subgrupos diferentes, combinando su calibre y su uso**

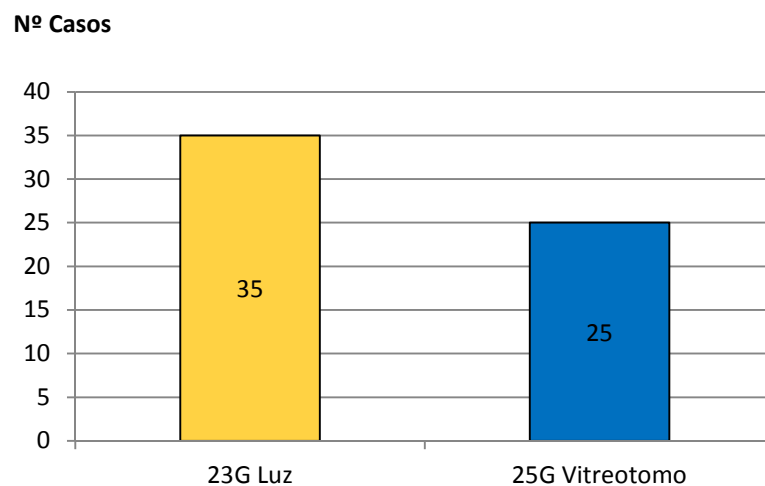
##### **V. 1. 4. 1. Número de esclerotomías que muestran filtrado en función de su calibre y uso**

- Esclerotomías 23-gauge utilizadas por la sonda del vitreotomo, que drenan líquido intraocular: 38 casos, del total de 60 ojos en los que se emplea la sonda de vitrectomía 23-gauge e iluminación 25-gauge (63,3% de los casos).
- Esclerotomías 25-gauge utilizadas por la sonda de iluminación, que drenan líquido intraocular: 22 casos, del total de 60 ojos en los que se emplea sonda de vitrectomía 23-gauge e iluminación 25-gauge (36,6% de los casos).



**Figura 36 – Diagrama de barras.** Número de esclerotomías que muestran drenaje de líquido intraocular, en los 60 ojos en los que se emplean vitreotomo 23-gauge y luz 25-gauge.

- Esclerotomías 25-gauge utilizadas por la sonda del vitreotomo, que drenan líquido intraocular: 25 casos, del total de 60 ojos en los que se emplea la sonda de vitrectomía 25-gauge e iluminación 23-gauge (41,6% de los casos).
- Esclerotomías 23-gauge utilizadas por la sonda de iluminación, que drenan líquido intraocular: 35 casos, del total de 60 ojos en los que se emplea la sonda de vitrectomía 25-gauge e iluminación 23-gauge (58,3% de los casos).

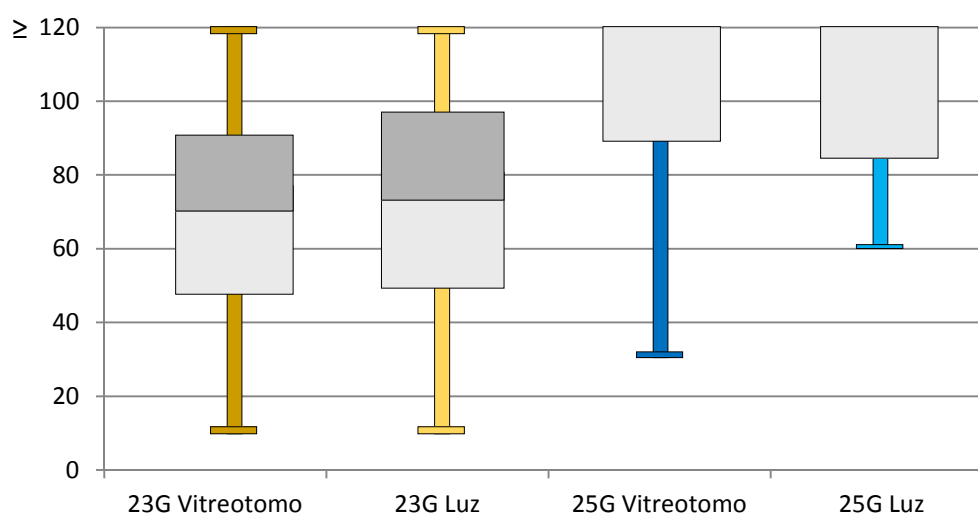


**Figura 37 – Diagrama de barras.** Número de esclerotomías que muestran drenaje de líquido intraocular, en los 60 ojos en los que se emplean luz 23-gauge y vitreotomo 25-gauge.

### V. 1. 4. 2. Presión a la que filtran las esclerotomías en función de su calibre y uso

	Nº Casos (total 120)	Valor Presión Mín. (mm Hg)	Valor Presión Máx. (mm Hg)	1er Cuartil (mm Hg)	2º Cuartil (mm Hg)	3er Cuartil (mm Hg)
<b>23-gauge Vitrectomo</b>	38	10	> 120	46,25	72,5	90
<b>23-gauge Iluminación</b>	35	10	> 120	47,5	75	97,5
<b>25-gauge Vitrectomo</b>	25	35	> 120	90	> 120	> 120
<b>25-gauge Iluminación</b>	22	60	> 120	85	> 120	> 120

#### Presión Intraocular



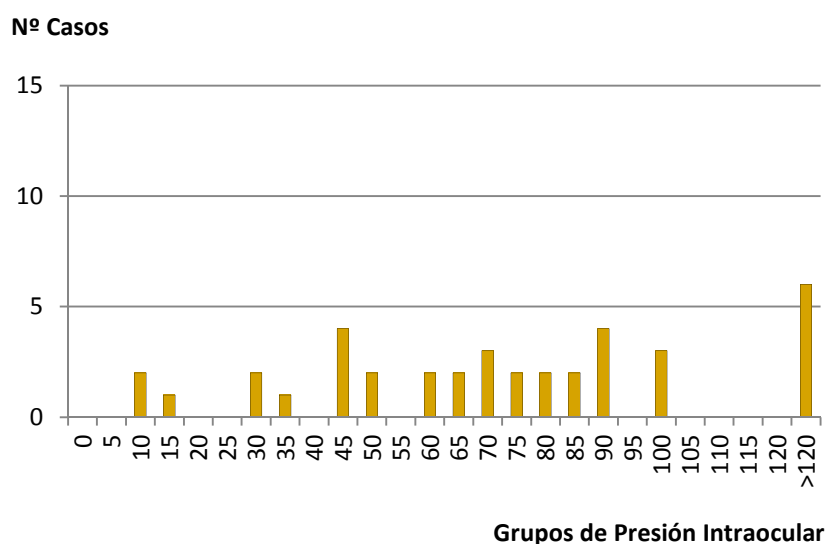
**Figura 38 – Diagrama de cajas y bigotes.** Rangos y cuartiles de presión de filtración según diámetro y uso al que estuvieran destinadas las esclerotomías filtrantes.

### - Distribución de los casos según grupos de presión de filtración

#### Esclerotomías filtrantes 23-gauge utilizadas por la sonda del vitreotomo

Grupos de Presión (mm Hg)	Nº Casos	Grupos de Presión (mm Hg)	Nº Casos
0	0	65	2
5	0	70	3
10	2	75	2
15	1	80	2
20	0	85	2
25	0	90	4
30	2	95	0
35	1	100	3
40	0	105	0
45	4	110	0
50	2	115	0
55	0	120	0
60	2	>120	6

**Figura 39 - Tabla de frecuencias.** Número de casos por grupo de presión que muestran drenaje de líquido intraocular en las esclerotomías 23-gauge usadas por la sonda de vitreotomo.

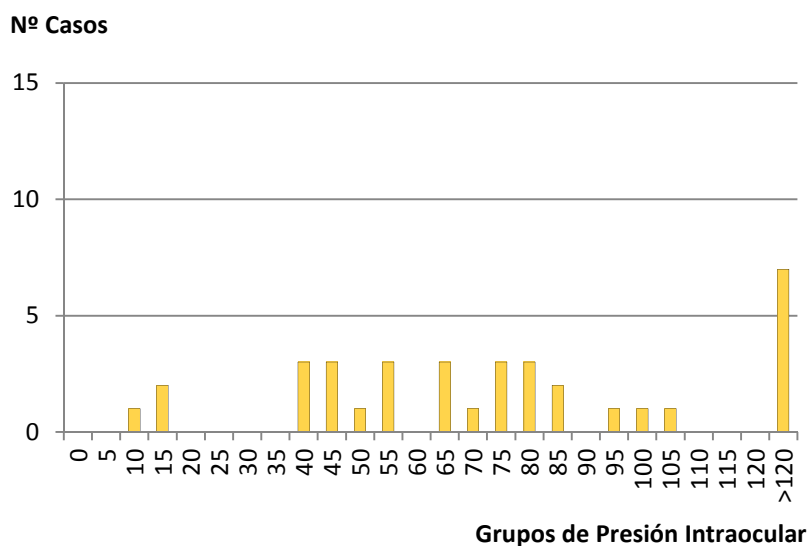


**Figura 40 – Diagrama de barras.** Número de casos por grupo de presión que muestran drenaje de líquido intraocular en las esclerotomías 23-gauge usadas por la sonda de vitreotomo.

**Esclerotomías filtrantes 23-gauge utilizadas por la sonda de luz**

Grupos de Presión (mm Hg)	Nº Casos	Grupos de Presión (mm Hg)	Nº Casos
0	0	65	3
5	0	70	1
10	1	75	3
15	2	80	3
20	0	85	2
25	0	90	0
30	0	95	1
35	0	100	1
40	3	105	1
45	3	110	0
50	1	115	0
55	3	120	0
60	0	>120	7

**Figura 41 - Tabla de frecuencias.** Número de casos por grupo de presión que muestran drenaje de líquido intraocular en las esclerotomías 23-gauge usadas por la sonda de luz.

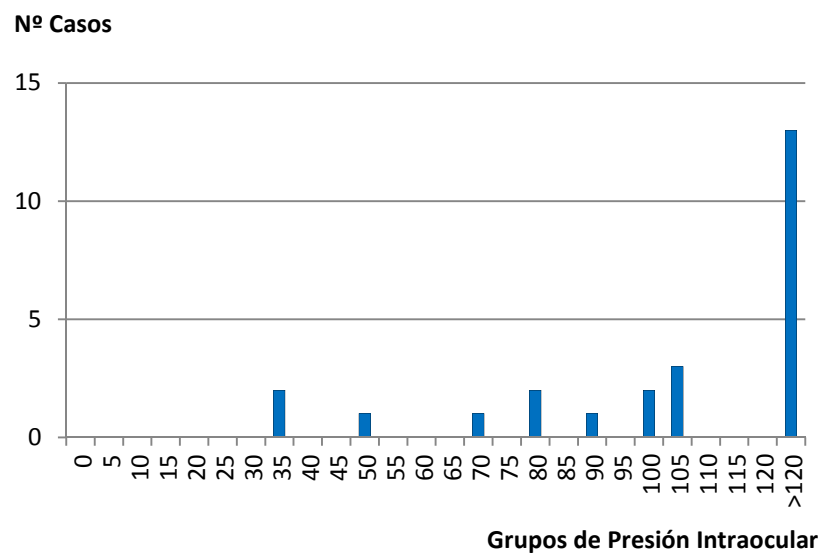


**Figura 42 – Diagrama de barras.** Número de casos por grupo de presión que muestran drenaje de líquido intraocular en las esclerotomías 23-gauge usadas por la sonda de luz.

**Esclerotomías filtrantes 25-gauge utilizadas por la sonda del vitreotomo**

Grupos de Presión (mm Hg)	Nº Casos	Grupos de Presión (mm Hg)	Nº Casos
0	0	65	0
5	0	70	1
10	0	75	0
15	0	80	2
20	0	85	0
25	0	90	1
30	0	95	0
35	2	100	2
40	0	105	3
45	0	110	0
50	1	115	0
55	0	120	0
60	0	>120	13

**Figura 43 - Tabla de frecuencias.** Número de casos por grupo de presión que muestran drenaje de líquido intraocular en las esclerotomías 25-gauge usadas por la sonda del vitreotomo.

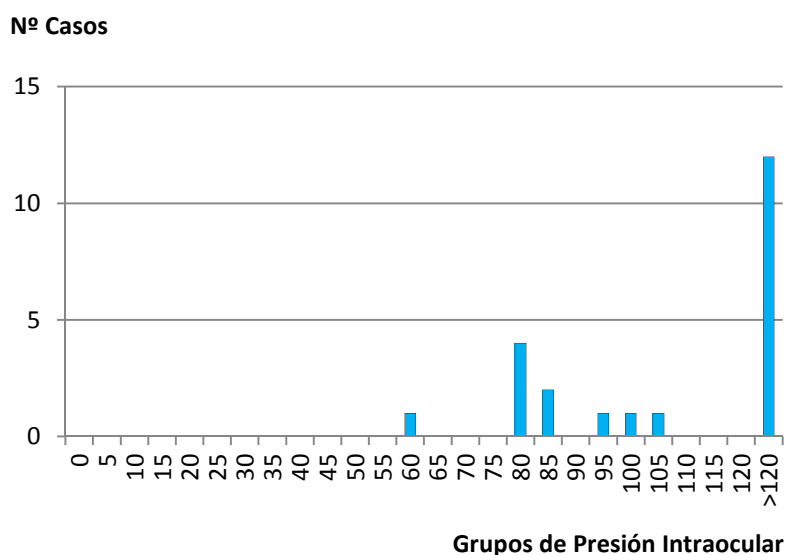


**Figura 44 – Diagrama de barras.** Número de casos por grupo de presión que muestran drenaje de líquido intraocular en las esclerotomías 25-gauge usadas por la sonda del vitreotomo.

**Esclerotomías filtrantes 25-gauge utilizadas por la sonda de luz**

Grupos de Presión (mm Hg)	Nº Casos	Grupos de Presión (mm Hg)	Nº Casos
0	0	65	0
5	0	70	0
10	0	75	0
15	0	80	4
20	0	85	2
25	0	90	0
30	0	95	1
35	0	100	1
40	0	105	1
45	0	110	0
50	0	115	0
55	0	120	0
60	1	>120	12

**Figura 45 - Tabla de frecuencias.** Número de casos por grupo de presión que muestran drenaje de líquido intraocular en las esclerotomías 25-gauge usadas por la sonda de luz.



**Figura 46 – Diagrama de barras.** Número de casos por grupo de presión que muestran drenaje de líquido intraocular en las esclerotomías 25-gauge usadas por la sonda de luz.

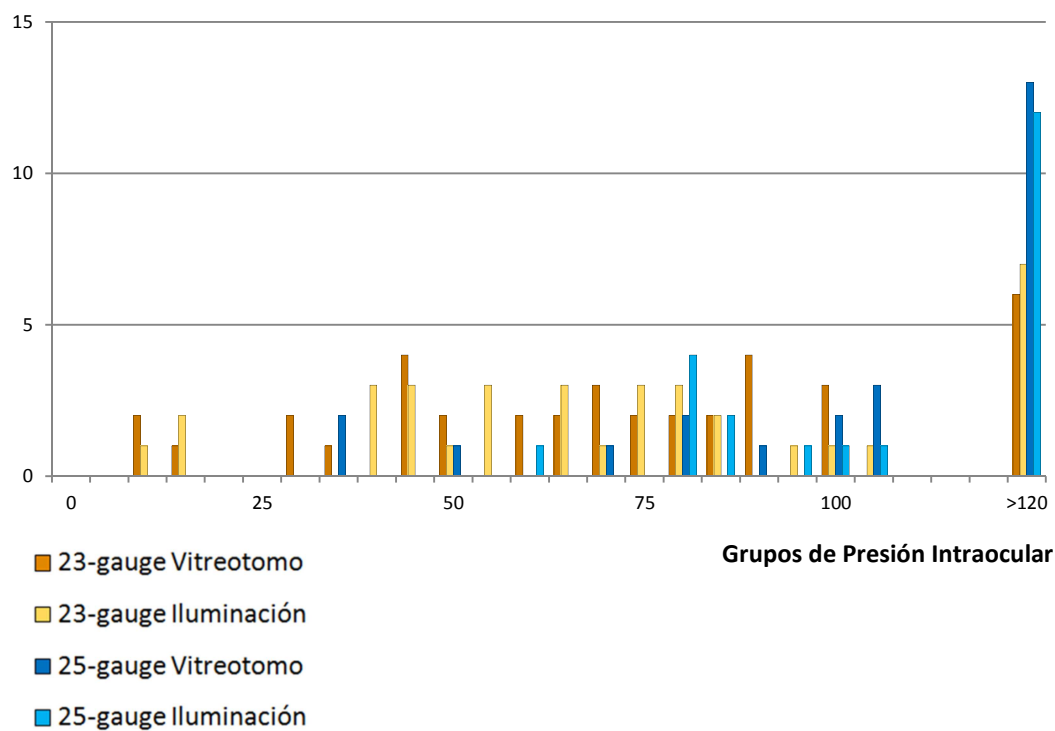
**Esclerotomías ambos calibres y usos que muestran filtrado (4 subgrupos, n = 120)**

<b>Grupos de Presión (mm Hg)</b>	<b>Nº Casos Incisión 23-G Vitreotomo</b>	<b>Nº Casos Incisión 23-G Iluminación</b>	<b>Nº Casos Incisión 25-G Vitreotomo</b>	<b>Nº Casos Incisión 25-G Iluminación</b>
0	0	0	0	0
5	0	0	0	0
10	2	1	0	0
15	1	2	0	0
20	0	0	0	0
25	0	0	0	0
30	2	0	0	0
35	1	0	2	0
40	0	3	0	0
45	4	3	0	0
50	2	1	1	0
55	0	3	0	0
60	2	0	0	1
65	2	3	0	0
70	3	1	1	0
75	2	3	0	0
80	2	3	2	4
85	2	2	0	2
90	4	0	1	0
95	0	1	0	1
100	3	1	2	1
105	0	1	3	1
110	0	0	0	0
115	0	0	0	0
120	0	0	0	0
>120	6	7	13	12

**Figura 47 - Tabla de frecuencias.** Número de casos por grupo de presión que muestran drenaje de líquido intraocular, según el diámetro y el uso de las esclerotomía.

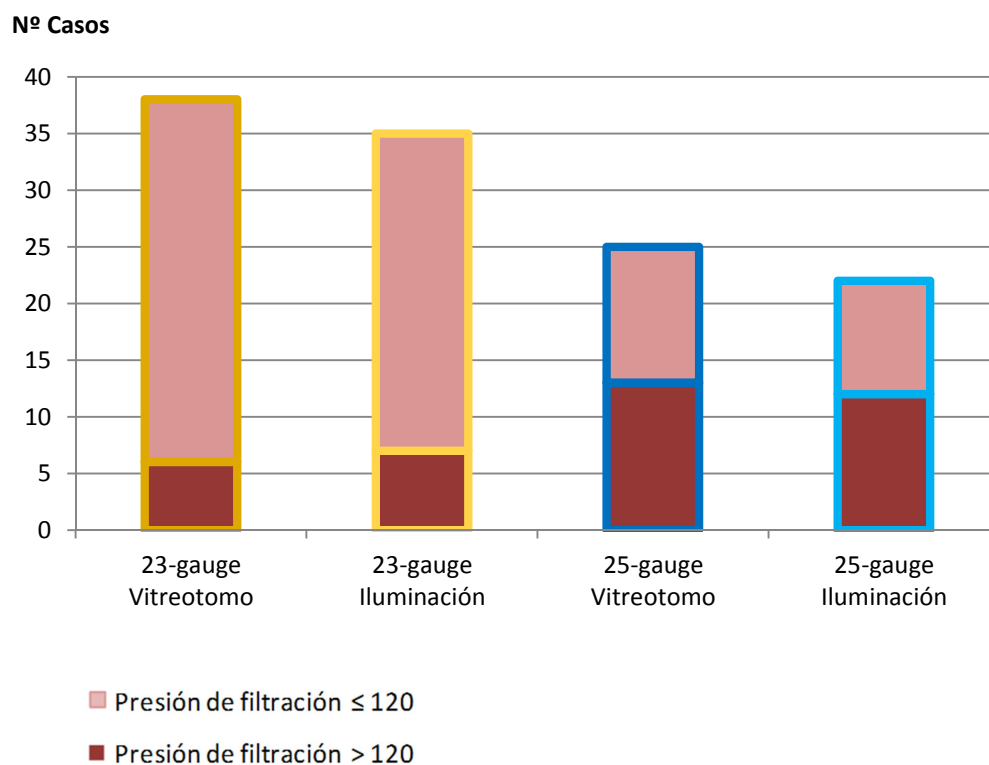


## Nº Casos



**Figura 48 – Diagrama de barras.** Número de casos por grupo de presión que muestran drenaje de líquido intraocular, según diámetro y uso de las esclerotomías: Vitreotomo 23-gauge (38 casos), iluminación 23-gauge (35 casos), vitreotomo 25-gauge (25 casos) y luz 25-gauge (22 casos).

- **Proporción de esclerotomías que filtraron líquido intraocular a > 120 mm Hg, en función del calibre y uso**
  - Esclerotomías 23-gauge utilizadas por la sonda de vitrectomía: 6 casos drenaron a > 120 mm Hg, de un total de 38 esclerotomías (15,78% de los casos).
  - Esclerotomías 23-gauge utilizadas por la sonda de iluminación: 7 casos drenaron a > 120 mm Hg, de un total de 35 esclerotomías (20% de los casos).
  - Esclerotomías 25-gauge utilizadas por la sonda de vitrectomía: 13 casos drenaron a > 120 mm Hg, de un total de 25 esclerotomías (52% de los casos).
  - Esclerotomías 25-gauge utilizadas por la sonda de iluminación: 12 casos drenaron a > 120 mm Hg, de un total de 22 esclerotomías (54,5%).



**Figura 49 – Diagrama de barras apiladas.** Número de casos que muestran drenaje de líquido intraocular a  $> \text{ó } \leq 120$  mm Hg, según diámetro y uso de las esclerotomías.

---

## V. 2. ESTUDIO ANALÍTICO

---

### V. 2. 1. Estudio analítico acerca del filtrado de las esclerotomías en función de su calibre

#### V. 2. 1. 1. **Análisis del número de esclerotomías que presentan filtrado en función de su calibre**

Para el análisis estadístico del número de esclerotomías que presentan filtrado en función de su calibre, empleamos el test de una proporción (one-sample proportion test). Al considerar la aproximación por la normal, hubo que tener en cuenta su corrección por continuidad, dado que los valores son discretos y no continuos. Consideramos como hipótesis nula que la proporción de incisiones 23-gauge filtrantes fuera del 50% (60 casos de los 120).

En nuestro estudio, la proporción de entradas 23-gauge que drenaron líquido fue del 60,8% (73 casos de los 120), existiendo diferencias significativas entre el número de esclerotomías 23-gauge que drenaron líquido intraocular, y el número de incisiones 25-gauge que mostraron esta incompetencia (47 casos de los 120) ( $P = 0,022$ ).

## **V. 2. 1. 2. Análisis de la presión a la que filtran las esclerotomías en función de su calibre**

Para el análisis estadístico de la presión a la que filtran las esclerotomías en función de su calibre, empleamos el test no paramétrico de los rangos de Wilcoxon (o U de Mann-Whitney), ya que la presión estudiada se consideró como ordinal en su tratamiento estadístico. Esto último fue debido a que, en aquellos ojos en los que se alcanzó la presión máxima aplicada por el sistema (120 mm Hg) sin observarse filtrado de líquido intraocular, aumentamos la presión digitalmente hasta lograr la apertura de alguna de las esclerotomías, entendiendo en todos estos casos como necesaria para la pérdida de la competencia incisional una presión de  $> 120$  mm Hg, de forma que la variable presión implicó sólo orden.

Observamos diferencias significativas entre la presión a la que drenan las esclerotomías 23-gauge, y la presión a la que lo hacen las incisiones 25-gauge ( $P < 0,0001$ ). De esta forma, las entradas 23-gauge presentan filtrado de líquido intraocular a presiones significativamente menores que las entradas 25-gauge.

## **V. 2. 2. Estudio analítico acerca del filtrado de las esclerotomías en función de su uso**

### **V. 2. 2. 1. Análisis del número de esclerotomías que presentan filtrado en función de su uso**

Para el análisis estadístico del número de esclerotomías que presentan filtrado en función de su uso, empleamos el test de una proporción (one-sample proportion test). Al considerar la aproximación por la normal, hubo que tener en cuenta su corrección por continuidad, dado que los valores son discretos y no continuos. Consideramos como hipótesis nula que la proporción de incisiones filtrantes empleadas por la entrada del vitreotomo fuera del 50% (60 casos de los 120).

En nuestro estudio, la proporción de entradas utilizadas por la sonda del vitreotomo que drenaron líquido fue del 52,5% (63 casos de los 120), no existiendo diferencias significativas entre el número de esclerotomías filtrantes destinadas a esta sonda, y el número de incisiones utilizadas por la sonda de iluminación que mostraron esta incompetencia (57 casos de los 120) ( $P = 0,65$ ).

## **V. 2. 2. 2. Análisis de la presión a la que filtran las esclerotomías en función de su uso**

Para el análisis estadístico de la presión a la que filtran las esclerotomías en función de su uso, empleamos el test no paramétrico de los rangos de Wilcoxon (o U de Mann-Whitney), ya que la presión estudiada se consideró como ordinal en su tratamiento estadístico.

No hallamos diferencias significativas entre la presión a la que drenaron las esclerotomías utilizadas por la sonda del vitreotomo, y la presión a la que filtraron las incisiones empleadas por la sonda de iluminación ( $P = 0,77$ ).

### **V. 2. 3. Estudio analítico acerca de las esclerotomías que presentan filtrado en los cuatro subgrupos incisionales diferentes, combinando su calibre y uso**

#### **V. 2. 3. 1. Análisis del número de esclerotomías que presentan filtrado, combinando su calibre y su uso**

Una vez agrupadas las esclerotomías filtrantes en cuatro subgrupos, definidos por la combinación de su calibre y su uso (vitrectomo 23-gauge, vitrectomo 25-gauge, luz 23-gauge, luz 25-gauge), analizamos la influencia de ambos parámetros sobre el filtrado de dichas incisiones.

En primer lugar, comparamos el número de esclerotomías de igual uso y diferente calibre que mostraron drenaje (esclerotomías vitrectomo 23-gauge *versus* vitrectomo 25-gauge; esclerotomías iluminación 23-gauge *versus* iluminación 25-gauge). Al evaluar los datos mediante el test de la Chi cuadrado con corrección por continuidad de Yates, observamos diferencias significativas entre el mayor número de esclerotomías 23-gauge filtrantes, utilizadas por la sonda del vitrectomo y de iluminación, con respecto de las esclerotomías 25-gauge filtrantes, utilizadas por estas mismas sondas respectivamente ( $P = 0,028$ ). De esta forma queda de manifiesto que, en el número de esclerotomías filtrantes utilizadas por la sonda del vitrectomo o de la luz, es de gran importancia el hecho de que esta sea 23 ó 25-gauge.

Por otro lado estudiamos el riesgo relativo de estos subgrupos incisionales a mostrar drenaje. Observamos un riesgo de filtrado 1,52 veces mayor por parte las esclerotomías empleadas por la sonda del vitrectomo 23-gauge con respecto de las esclerotomías utilizadas por la sonda del vitrectomo 25-gauge. Por su parte, el riesgo de filtrado que presentaron las incisiones utilizadas por la sonda de iluminación 23-



gauge fue 1,59 veces mayor que el riesgo de drenaje de las incisiones utilizadas por la sonda de iluminación 25-gauge. Ambos riesgos relativos se mostraron claramente significativos ( $P = 0,028$ ).

A continuación, comparamos el número de esclerotomías de igual calibre y diferente uso que mostraron filtrado (esclerotomías 23-gauge vitreotomo *versus* 23-gauge iluminación; esclerotomías 25-gauge vitreotomo *versus* 25-gauge iluminación). Al analizar los datos mediante el test de la Chi cuadrado con corrección por continuidad de Yates, no hallamos diferencias significativas entre el número de esclerotomías que presentaron filtrado en los diferentes subgrupos ( $P = 0,71$ ). De esta forma, queda de manifiesto que el filtrado a través de incisiones 23-gauge se da en más ocasiones que a través de incisiones 25-gauge, siendo irrelevante el hecho de que la esclerotomía sea utilizada por la sonda del vitreotomo o de la luz.

Por otro lado, estudiamos el riesgo relativo a mostrar drenaje por parte de estos subgrupos incisionales, a sabiendas de que las diferencias entre el número de incisiones filtrantes no son significativas. Observamos un riesgo de filtrado 1,09 veces mayor por parte de las esclerotomías empleadas por la sonda del vitreotomo 23-gauge, con respecto de las esclerotomías utilizadas por la sonda de iluminación 23-gauge. Por otro lado, el riesgo de filtrado que presentaron las incisiones utilizadas por el vitreotomo 25-gauge fue 1,13 veces mayor que el riesgo de drenaje de las incisiones utilizadas por la luz 25-gauge. Ambos riesgos relativos no resultaron significativos ( $P = 0,71$ ).

### **V. 2. 3. 2. Análisis de la presión a la que filtran las esclerotomías que lo hacen primero, combinando su calibre y su uso**

Recogimos la presión a la que filtraron los diferentes subgrupos de incisiones, combinando su calibre y su uso: Vitreotomo 23-gauge (1), vitreotomo 25-gauge (2), luz 23-gauge (3) y luz 25-gauge (4). Sin embargo, no se encontró apropiado evaluar las muestras mediante el test no paramétrico de Kruskal-Wallis, dado que en cada ojo, siempre estuvieron presentes dos subgrupos incisionales (1 y 4, ó 2 y 3), lo cual no permitió considerar las muestras independientes.

De esta manera, fue suficiente con analizar las presiones de filtración de las esclerotomías según su calibre o según su uso, mediante el test no paramétrico de los rangos de Wilcoxon (o U de Mann-Whitney), como hicimos en apartados anteriores.

## **VI. DISCUSIÓN**

## **VI. 1. DISCUSIÓN SOBRE EL MODELO EXPERIMENTAL EMPLEADO**

Para la realización de nuestro estudio, elaboramos un modelo experimental animal que simulara en lo posible las condiciones encontradas en la práctica habitual de vitrectomía en humanos. Para ello, empleamos material, técnica y tecnología idénticos a los que se utilizan en los procedimientos quirúrgicos reales practicados en el hombre.

Al planificar el estudio experimental, nos pareció adecuado emplear el sistema de control de presiones de infusión VGFI (vented gas forced infusion) que incorpora el sistema de vitrectomía Accurus, en la fase de comprobación de la estanqueidad de las esclerotomías a diferentes presiones intraoculares, dado que se trata de un método de control de presiones objetivo y cuantitativo, que permite el posterior análisis estadístico. Otros estudios experimentales han empleado también el sistema VGFI del Accurus para variar, de forma controlada, la presión intraocular.<sup>161,162</sup>

Con el fin de minimizar el efecto que las posibles diferencias individuales entre los 120 ojos utilizados pudieran provocar en el estudio del comportamiento de las incisiones, y dado que en cada uno de los ojos ya se emplean los dos tipos de sonda estudiadas (sonda de vitreotomo e iluminación), decidimos tener presentes también en cada uno de los ojos los dos calibres de esclerotomía analizados en el estudio (23 y 25-gauge).

Además, decidimos usar en todos los casos una infusión de 23-gauge, con el fin de igualar al máximo las condiciones de todos los ojos en el momento de evaluar la resistencia mecánica a la apertura de las esclerotomías ante diferentes presiones intraoculares. Este hecho no tuvo consecuencias significativas en el desarrollo de las

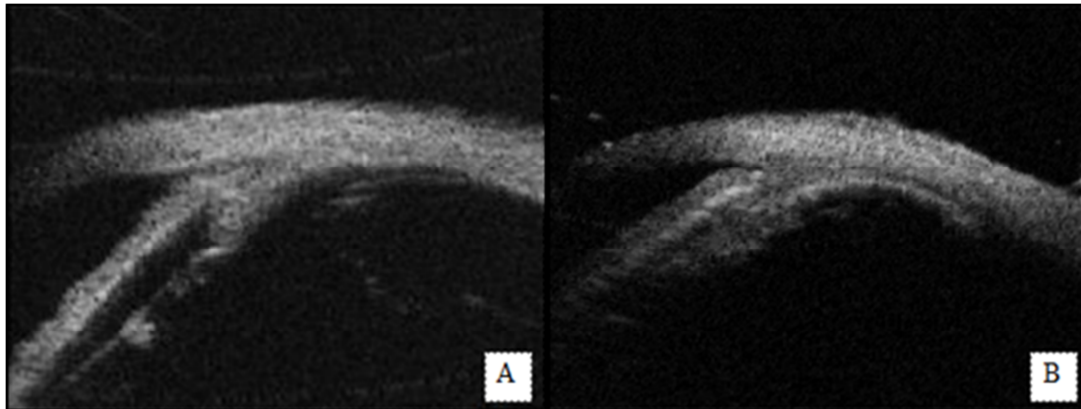
vitrectomías 23 ó 25-gauge, ya que en ambos casos, el caudal de irrigación fue siempre el suficiente para mantener el tono ocular adecuado.

Dada la dificultad que supone la obtención de un importante número de ojos para experimentación procedentes de humanos fallecidos, a causa de la estricta legislación existente (RD 1301/2006, del 10/10, artículo 29), realizamos nuestro estudio sobre ojos de cerdo enucleados. La facilidad que supone conseguir un gran número de estos ojos, así como las similitudes que presentan con los ojos humanos, justificaron nuestra elección.

En este último sentido, Olsen y colaboradores<sup>163</sup> observaron, en ojos de cerdo de la especie *Sus scrofa domesticus*, con pesos comprendidos entre 21 y 81 kg, grosores esclerales a nivel de la *pars plana* similares a los registrados en ojos humanos a ese mismo nivel.<sup>164</sup> Por ello, en la población de ojos de cerdo utilizada por nosotros, con pesos comprendidos entre 65 y 80 kg, suponemos un espesor escleral similar al humano.

Por otro lado, un estudio comparativo mostró importante semejanza a nivel microscópico entre las escleras humana y porcina, con la única diferencia de un mayor engrosamiento y desorganización de las fibras de colágeno de la muestra animal con respecto de la humana.<sup>165</sup>

Nosotros exploramos alguno de los ojos de cerdo a nivel de la *pars plana* mediante biomicroscopía ultrasónica, con el fin de compararlos con imágenes obtenidas de humanos. De esta forma, y como muestra la figura 50, apreciamos una gran similitud anatómica entre ambos ojos a ese nivel.



**Figura 50.** Imágenes obtenidas mediante biomicroscopía ultrasónica a nivel de la pars plana de un ojo de cerdo (A) y un ojo humano (B), donde pueden apreciarse las similitudes anatómicas que existen entre ambos.

Con nuestro estudio experimental sobre ojos de cerdo, no buscamos obtener resultados cuantitativos extrapolables a los que se podrían conseguir en ojos vitrectomizados humanos, a pesar de las grandes similitudes que presentan los ojos pertenecientes a la especie *Sus scrofa domesticus* con el ojo humano.<sup>160,163-165</sup> Se trata únicamente de conseguir un modelo animal de características similares al humano, que permita comparar la capacidad de cierre de las esclerotomías oblicuas ante diferentes presiones intraoculares, en función de su calibre y su uso.

Este modelo permitiría además, analizar en futuros estudios la influencia que ejercen otros parámetros sobre el comportamiento de las esclerotomías a diferentes presiones intraoculares en ojos sometidos a vitrectomía, como pueden ser la práctica de diferentes técnicas quirúrgicas que requieran diversas maniobras o diversos tiempos quirúrgicos, el uso de diferentes formas de incisión (en V o lineales, según se realicen con esclerotomos monobiselados o con doble bisel), y la práctica de

diferentes maniobras para la introducción de las microcánulas (inserción en uno paso o dos pasos).

Existen diversos trabajos de investigación que han empleado ojos de animales, y más concretamente de cerdo,<sup>166-169</sup> como modelos de experimentación. No obstante, hasta la fecha, ninguno había estudiado el comportamiento de las esclerotomías en ojos previamente vitrectomizados, a diferentes niveles de presión intraocular.

## **VI. 2. DISCUSIÓN SOBRE LA RESISTENCIA MECÁNICA DE LAS ESCLEROTOMÍAS EN FUNCIÓN DE SU CALIBRE**

### **VI. 2. 1. Análisis de las esclerotomías filtrantes en función de su calibre**

En nuestro estudio, las esclerotomías 23-gauge filtraron líquido en más ocasiones que las incisiones 25-gauge, de forma significativa. Por ello, de nuestra experiencia se extrae que el diferente diámetro de las incisiones oblicuas 23 y 25-gauge, que varía en poco más de 0,1 mm de diámetro,<sup>94</sup> influye de forma significativa en la capacidad de cierre escleral postquirúrgico, siendo este más eficaz en las entradas 25-gauge.

Nuestros resultados son acordes con la tendencia general observada por diversos estudios observacionales, que revelan mayor necesidad de sutura y mayores tasas de hipotonía tras vitrectomía a través de incisiones oblicuas 23-gauge,<sup>170-172</sup> con respecto de la mostrada por otros trabajos que analizaron estos parámetros tras vitrectomía mediante esclerotomías oblicuas 25-gauge.<sup>92</sup>

Sin embargo, son muy pocos los estudios que hayan enfrentado en un mismo trabajo el análisis de las capacidades de cierre de esclerotomías 23 y 25-gauge tras vitrectomía.

En este sentido, Singh<sup>173</sup> evaluó la existencia de fuga de líquido intraocular postoperatoria, el área de apertura incisional y la anchura media de esclerotomías 23 y 25-gauge directas y oblicuas, en 24 ojos de conejo sometidos a vitrectomía, sin



hallar diferencias significativas entre los dos calibres incisionales, en ninguno de los parámetros estudiados.

Por otro lado, Taban<sup>174</sup> analizó mediante examen macroscópico y tomografía de coherencia óptica de segmento anterior, la existencia de fuga de líquido intraocular y la formación de blebs conjuntivales a través de esclerotomías 23 y 25-gauge directas y oblicuas en 16 ojos de conejo, sobre los que no se llegó a practicar vitrectomía, a presiones intraculares bajas (0-5 mm Hg), medias (5-20 mm Hg) y altas (20-40 mm Hg). También estudió la entrada de partículas de tinta india desde la conjuntiva al interior de las incisiones esclerales mediante examen histológico. Una vez analizados los datos, tampoco halló diferencias significativas entre las esclerotomías 23 y 25-gauge en ninguno de los parámetros estudiados.

Finalmente Gupta,<sup>161</sup> que evaluó la entrada de partículas de tinta desde la conjuntiva al interior del ojo a través de esclerotomías 20, 23 y 25-gauge directas y oblicuas en 8 ojos de cadáveres humanos, previamente operados de vitrectomía, y sometidos a fluctuaciones en la presión de infusión que oscilaron entre 5 y 75 mm Hg, concluyó que el trayecto oblicuo de las incisiones, así como el menor diámetro de entrada, parecían contribuir a la mayor competencia de las esclerotomías en el postoperatorio inmediato.

Nuestros resultados concuerdan con los ofrecidos por este último trabajo. No obstante, y a pesar de contar con ojos de cadáveres humanos como muestra de estudio, presenta un tamaño muestral demasiado pequeño (8 ojos) con el que no le fue posible confirmar, de forma estadística, la hipótesis que sugiere.

Por otro lado, los trabajos de Singh<sup>173</sup> y Taban,<sup>174</sup> que no hallan diferencias significativas entre los resultados obtenidos en los análisis de las incisiones 23 y 25-gauge, no solo cuentan con tamaños muestrales mucho más pequeños que el nuestro

(24 ojos y 16 ojos respectivamente), sino que además, el método empleado por ambos ofrece ciertas limitaciones, bien por los escasos 5 minutos dedicados a la práctica de vitrectomía en el primero de ellos, o por la ausencia total de esta en el segundo.

La influencia que, a la vista de nuestro estudio experimental, parece ejercer el diferente diámetro de las incisiones esclerales en vitrectomía sobre la capacidad de cierre escleral, podría tener diversas consecuencias clínicas, no solo sobre la necesidad de sutura al término de la cirugía y la tasa de hipotonías registrada, sino también sobre el riesgo a sufrir endoftalmitis postquirúrgica.

En nuestro estudio, analizamos la resistencia mecánica de las incisiones esclerales ante aumentos de presión intraocular en el postoperatorio inmediato, en ausencia de mecanismos de reparación tisular. Por ello, el periodo durante el cual nuestros resultados se pueden aplicar en la práctica clínica habitual, se sitúa entre la retirada de las cánulas, y el cierre escleral por proliferación tisular, que estudios experimentales en animales establecen entre el segundo y el quinto día tras la intervención,<sup>175,176</sup> y trabajos en humanos con biomicroscopía ultrasónica sitúan entre el séptimo y el quinceavo día tras la práctica de las esclerotomías.<sup>91,177</sup>

El hecho de que nuestro estudio sea aplicable solo durante los primeros días tras la cirugía no le resta importancia clínica, ya que los primeros signos clínicos de endoftalmitis aguda postquirúrgica suelen aparecer, como media, en el tercer día tras la cirugía.<sup>113,114</sup> Esto significa que la contaminación bacteriana puede darse durante la cirugía o en los primeros días tras la intervención, cuando el cierre escleral depende principalmente de factores mecánicos.

Por su parte, el riesgo de presentar hipotonía tras vitrectomía también es más frecuente en los primeros días tras la cirugía.<sup>92,170-172</sup>

Por tanto, la capacidad de cierre de las esclerotomías en el postoperatorio inmediato tras vitrectomía, se antoja de gran importancia a la hora de disminuir el riesgo de aparición de diversas complicaciones postquirúrgicas, como son las infecciones intraoculares y los estados de hipotonía postoperatoria.

## **VI. 2. 2. Análisis de la presión a la que filtran las esclerotomías en función de su calibre**

En nuestro estudio, las incisiones 23-gauge oblicuas drenaron líquido intraocular a presiones significativamente menores que las esclerotomías 25-gauge oblicuas. Por tanto, la resistencia mecánica a la apertura ofrecida por las incisiones de mayor diámetro (23-gauge), es menor que la brindada por las esclerotomías anguladas de menor calibre (25-gauge).

En la bibliografía existen dos trabajos,<sup>161,174</sup> comentados en el apartado anterior, que analizaron en un mismo estudio experimental la respuesta de las esclerotomías 23 y 25-gauge ante cambios controlados en la presión intraocular.

Al planificar sus estudios, ambos autores buscaron simular situaciones cotidianas a las que un ojo se podría enfrentar en el periodo post-operatorio. Un simple parpadeo puede provocar una elevación en la presión intraocular de más de 10 mm Hg, mientras que frotarse el ojo, se puede traducir en un aumento de más de 90 mm Hg en la presión ocular.<sup>178,179</sup>

Taban,<sup>174</sup> en su estudio sobre ojos de conejo, no encontró diferencias significativas al analizar la respuesta de las esclerotomías 23 y 25-gauge ante diferentes niveles de presión, mediante los exámenes macroscópicos, histológicos y con tomografía de coherencia óptica de segmento anterior realizados.

Nuestros resultados no concuerdan con los obtenidos en esta publicación. No obstante, este estudio no solo cuenta con un tamaño muestral mucho más pequeño que el nuestro (16 ojos), sino que además, presenta ciertas limitaciones en el método empleado. En primer lugar, el examen de las incisiones no se precede de la pertinente vitrectomía, lo cual, además de alejar el modelo experimental de realidad clínica a la

que se quiere asemejar, puede presentar consecuencias importantes sobre los resultados obtenidos, por la falta de manipulación ejercida sobre las incisiones esclerales, que algunos autores apuntan como un factor implicado en la capacidad de cierre incisional postquirúrgica,<sup>91</sup> y por el efecto tapón ejercido por el vítreo sobre la incisión, que también podría alterar los resultados obtenidos en el análisis del drenaje a través de las esclerotomías. Por otro lado, Taban evalúa la respuesta de las heridas esclerales a presiones intraoculares  $\leq 40$  mm Hg. Nosotros estudiamos el comportamiento de las incisiones a presiones intraoculares mayores, dado que como hemos visto, diferentes maniobras cotidianas pueden provocar cifras de presión ocular muy elevadas.<sup>178,179</sup> En nuestro trabajo, el 18% de las esclerotomías 23-gauge y el 53% de las esclerotomías 25-gauge, drenaron líquido intraocular a presiones de infusión mayores de 120 mm Hg. Por ello, y aunque en nuestro estudio, con un tamaño muestral mucho mayor, también se alcanzaría la significación estadística al evaluar el mayor número de esclerotomías 23-gauge que presentan filtrado de líquido a presiones  $\leq 40$  mm Hg, sus resultados pudieran haber sido diferentes de haber analizado la respuesta de las incisiones a presiones de infusión mayores. No obstante, y dadas las diferencias existentes entre el grosor de las escleras de los ojos de conejo<sup>180</sup> y de cerdo,<sup>160,163</sup> tampoco consideramos comparable entre ambos grupos de animales, el efecto sobre las incisiones de las diferentes presiones en términos absolutos.

Gupta<sup>161</sup> por su parte, una vez realizado su trabajo experimental sobre ojos de cadáveres humanos, sugirió que el menor diámetro de las esclerotomías parecía contribuir a la mayor competencia de la incisión.

Nuestros resultados coinciden con los de esta publicación; no obstante, existen claras diferencias entre ambos estudios. En primer lugar, el escaso tamaño muestral ofrecido por el trabajo de Gupta, no permite alcanzar la significación

estadística de la hipótesis propuesta. En nuestro caso, al emplear un modelo experimental con ojos de cadáveres de cerdo, cuya esclera presenta importantes similitudes con la humana,<sup>160,163-165</sup> nos fue posible llegar a una muestra compuesta por 120 ojos, dada la facilidad que supone la obtención de un gran número de estos ojos. Por otro lado, el método empleado en su estudio difiere en mucho del nuestro. En su caso, una vez realizada la vitrectomía y antes de analizar las incisiones, aplicó fluctuaciones en la presión intraocular: Subidas y bajadas, con las que simular el efecto de succión que sigue a un pico hipertensivo, y que podría permitir el paso de fluido conjuntival al interior del ojo, debido al gradiente de presión negativa generada. Nosotros sin embargo, estudiamos el drenaje de líquido al exterior ante diferentes niveles de presión intraocular, establecidos en sentido ascendente. Por ello, y aunque en ambos estudios se analizan signos de incompetencia incisional ante variaciones controladas de la presión intraocular, el empleo del efecto de succión por su parte, como mecanismo generador de incompetencia valvular, hace que nuestro trabajo no pueda ser del todo comparable al suyo.

En nuestra opinión, y como ya hemos señalado con anterioridad, los valores absolutos de presión intraocular registrados como necesarios para que se dé el drenaje incisional no se deben tener muy en consideración, dado que, aunque los ojos pertenecientes a la especie *Sus scrofa domesticus* presentan grandes similitudes con el ojo del hombre,<sup>160,163-165</sup> nuestra experiencia clínica en humanos nos hace entender como muy altas estas presiones registradas.

No obstante, lo que sí podemos afirmar a la vista de nuestros resultados es que, de forma comparativa, la resistencia mecánica a la apertura escleral en ojos vitrectomizados, ofrecida por las incisiones oblicuas de mayor calibre en nuestro modelo animal (23-gauge), es menor que la mostrada por las esclerotomías oblicuas de menor diámetro (25-gauge). Por ello, el cirujano deberá asumir un incremento en

la necesidad de sutura al practicar vitrectomía a través de esclerotomías 23-gauge oblicuas, con respecto de las vitrectomías realizadas a través de esclerotomías 25-gauge oblicuas.

## **VI. 3. DISCUSIÓN SOBRE LA RESISTENCIA MECÁNICA DE LAS ESCLEROTOMÍAS EN FUNCIÓN DE SU USO**

---

### **VI. 3. 1. Análisis de las esclerotomías filtrantes en función de su uso**

Al analizar los datos recogidos, no encontramos diferencias estadísticamente significativas entre el número de esclerotomías filtrantes utilizadas por la sonda de vitrectomía (manejada por la mano dominante), y el número de esclerotomías empleadas por la sonda de iluminación (manejada por la mano no dominante), que drenaron líquido intraocular. Por tanto, el uso de las esclerotomías por parte de la sonda del vitreotomo o de la luz en nuestro modelo animal, así como las diferentes maniobras que implica el manejo de cada una de ellas, no supone diferencias significativas en la capacidad de cierre incisional.

Unos años antes, Bhende<sup>181</sup> analizó el cierre de las diferentes esclerotomías mediante biomicroscopía ultrasónica en un grupo de ojos vitrectomizados hacía 2 meses, sin encontrar diferencias significativas entre ellas en función del uso al que hubieran sido destinadas (paso de vía de infusión, de la sonda de luz, o de la sonda manipulada por la mano dominante). No obstante, dado que evaluó las incisiones 2 meses después de la cirugía, estuvieron implicados en su cierre procesos de reparación tisular fisiológicos, mientras que en nuestro estudio, la oclusión de las incisiones esclerales dependió únicamente de factores mecánicos.

Poco más tarde otro artículo,<sup>91</sup> al observar mayor incidencia en la aparición de blebs conjuntivales a nivel de las esclerotomías superiores tras vitrectomía, sugirió que estas podían estar sometidas a mayor agresión que las incisiones



inferiores, empleadas por la infusión, y que a su vez, este daño podría traducirse en una pérdida en la capacidad del cierre escleral. No obstante, al contabilizar las esclerotomías en las que apareció bleb conjuntival, no diferenció cuántas se trataban de incisiones oblicuas o directas, ni en qué porcentaje fueron utilizadas por la mano dominante o la mano no dominante.

Lakhanpal por su parte,<sup>101</sup> después de analizar de forma retrospectiva una muestra de 140 ojos operados de vitrectomía 25-gauge a través de incisiones directas, contabilizó 10 esclerotomías que requirieron sutura por aparición de bleb conjuntival tras la cirugía. Todas ellas correspondieron a incisiones empleadas por la mano dominante. Además, estas suturas se registraron exclusivamente en cirugías de desprendimiento de retina traccional y regmatógeno, que requirieron mucho tiempo quirúrgico e importante manipulación instrumental por parte del cirujano. Por otro lado, el resto de indicaciones en las que se practicó una vitrectomía menos agresiva, no requirieron sutura a su término. Todo ello, hizo concluir al autor que la mayor manipulación de las esclerotomías por parte de la mano dominante podría influir de forma significativa en la capacidad de cierre incisional tras la cirugía.

En nuestro estudio, no hallamos diferencias significativas en el número de esclerotomías que drenaron líquido intraocular en función de su uso, ante aumentos de la presión de infusión. No obstante, a pesar de realizar en todos los casos vitrectomías regladas completas, primero centrales y luego periféricas, no practicamos otras maniobras agresivas complementarias, como supone la retirada de componentes traccionales vítreo-retinianos. Por otro lado, y a diferencia de nosotros, Lakhanpal practicó incisiones directas en todos los casos. Por ello, la diferente arquitectura incisional presente en ambos estudios (directa y oblicua), asociada a tasas de competencia incisional tras vitrectomía tan dispares,<sup>88-92</sup> podría justificar los diferentes resultados obtenidos por ambos.

En los últimos años se han realizado varios estudios observacionales<sup>171,182</sup> acerca de la necesidad de sutura tras vitrectomía de las esclerotomías oblicuas en muestras de ojos operados por múltiples indicaciones, que requirieron gran variedad de tiempos quirúrgicos y de manipulación escleral.

Ninguno de ellos observó diferencias significativas en las tasas de sutura registradas en las diferentes esclerotomías según el uso al que estuvieran dedicadas (paso de vía de infusión, de sonda de iluminación o de sonda de mano dominante). Estos resultados son acordes con los obtenidos por nuestro estudio y, dado que en todos ellos, las esclerotomías estudiadas también fueron oblicuas, apoyan la idea de que la construcción incisional pudiera ser más determinante que el estrés mecánico escleral sufrido por la mayor manipulación instrumental ejercida por la sonda manejada por la mano dominante, a la hora de obtener esclerotomías competentes.

### **VI. 3. 2. Análisis de la presión a la que filtran las esclerotomías en función de su uso**

En nuestro estudio, la presión a la que drenaron líquido intraocular las incisiones oblicuas utilizadas por la sonda del vitreotomo no difirió de forma significativa de la presión a la que lo hicieron las esclerotomías oblicuas utilizadas por la sonda de iluminación. Por ello, de nuestra experiencia se extrae que la resistencia mecánica a la apertura escleral ofrecida por las esclerotomías anguladas no varía de forma significativa en función de que hayan sido usadas por la mano dominante o la mano no dominante.

Estos resultados están en consonancia con los obtenidos por nuestro estudio en el apartado anterior, cuando tampoco hallamos diferencias significativas al analizar el número de esclerotomías utilizadas por la mano dominante y la mano no dominante que mostraron signos de incompetencia.

Hasta la fecha, ningún estudio había analizado la competencia de las esclerotomías en función de su uso después de vitrectomía, ante cambios controlados de la presión intraocular.

---

#### **VI. 4. DISCUSIÓN SOBRE LA RESISTENCIA MECÁNICA DE LAS ESCLEROTOMÍAS COMBINANDO SU CALIBRE Y SU USO**

---

Una vez evaluada la influencia que supone el calibre y el uso de las esclerotomías sobre la resistencia mecánica a la apertura de estas, decidimos analizar la influencia que presenta la combinación de ambos parámetros sobre el cierre de las incisiones, dado que en la práctica clínica, ambos factores se encuentran siempre presentes.

En nuestro estudio, hallamos diferencias significativas entre el mayor número de incisiones 23-gauge que mostraron filtrado en ambos usos por separado, con respecto de las esclerotomías 25-gauge filtrantes, utilizadas para estos mismos fines. A su vez, observamos un riesgo de filtrado 1,5 veces mayor por parte de las esclerotomías 23-gauge utilizadas por la sonda del vitreotomo y de iluminación, al enfrentarlas con las incisiones filtrantes 25-gauge, utilizadas por estas mismas sondas respectivamente.

Por otro lado, no hallamos diferencias significativas entre el número de esclerotomías de igual calibre y diferente uso que drenaron líquido intraocular.

Estos resultados concuerdan, como era de esperar, con los obtenidos en apartados anteriores, en los que únicamente el diferente calibre incisional influyó de forma significativa en la diferente capacidad de cierre escleral.

Por su parte, no nos fue posible analizar de forma estadística la presión a la que filtraron los diferentes subgrupos incisionales. No obstante, eso no supuso un problema importante, dado que ya analizamos por separado las presiones de filtración de las esclerotomías según su calibre o según su uso.

Hasta ahora, y como hemos comentado en la presente discusión, son muy pocos los estudios que enfrenten en un mismo trabajo el análisis de las capacidades de autosellado de las esclerotomías 23 y 25-gauge.<sup>161,173,174</sup> Ninguno hasta ahora había analizado el cierre de las esclerotomías combinando su diferente calibre y uso, ni había cuantificado como nosotros, el riesgo a presentar incompetencia de cierre por parte de las diferentes esclerotomías.

## **VII. CONCLUSIONES**

## VII. CONCLUSIONES

---

Una vez expuesto el trabajo experimental motivo de esta tesis doctoral, podemos destacar a modo de resumen, las siguientes conclusiones:

1. Nuestro trabajo ha permitido el desarrollo de un modelo animal que simula las condiciones encontradas en la práctica habitual de vitrectomía microincisional en humanos, y que permite evaluar el comportamiento de las esclerotomías a diferentes presiones intraoculares.
2. La resistencia mecánica a la apertura de las esclerotomías 23-gauge es menor que la mostrada por las esclerotomías 25-gauge en nuestro modelo animal. De esta forma, el riesgo de presentar incompetencia por parte de las esclerotomías 23-gauge es aproximadamente 1,5 veces mayor que el mostrado por las esclerotomías 25-gauge.
3. El uso de las esclerotomías por parte de la sonda del vitreotomo o de la luz en nuestro modelo animal, así como las diferentes maniobras que implica el manejo de cada una de ellas, no supone diferencias significativas en la capacidad de cierre incisional.

## **VIII. BIBLIOGRAFÍA**



## VIII. BIBLIOGRAFÍA

---

- 1 Cibis GW. Fundamentos y principios de oftalmología. 1ª ed. Barcelona: Elsevier; 2007.
- 2 Corcóstegui B, Castillo R, Moreno J. Segmento Posterior. En: Técnicas diagnósticas en oftalmología; Barcelona: Prous Science; 2003:103-42.
- 3 Goldmann, H. Les Techniques generales d'examen. En: Busacca, A., Goldmann, H., Schiff-Wertheimer, S. (Eds.) Biomicroscopie du corps vitré et du fond de l'oeil. Masson, París 1957;15-27.
- 4 MacLean AL, Maumenne AE. Hemangioma of the choroids. Trns Am Ophthalmol Soc 1959; 57:3-11.
- 5 Novotny HR, Alvis D. A method of photographing fluorescence in circulating blood of the human eye. Tech Doc Rep SAMTDR USAF Sch Aerosp Med. 1960 Sep;60-82:1-4.
- 6 Kogure K, David NJ, Yamanouchi U, Choromokos E. Infrared absorption angiography of the fundus circulation. Arch Ophthalmol. 1970;83:209-14.
- 7 Yoneya S, Saito T, Komatsu Y, Koyama I, Takahashi K, Duvoll-Young J. Binding properties of indocyanine green in human blood. Invest Ophthalmol Vis Sci 1998;39:1286-90.
- 8 Mori K, Gehlbach PL, Nishiyama Y, Deguchi T, Yoneya S. The ultra-late phase of indocyanine green angiography for healthy subjects and patients with age-related macular degeneration. Retina 2002;22:309-16.

- 
- 9 Yannuzzi LA, Sorenson JA, Guyer DR, Slakter JS, Chang B, Orlock D. Indocyanine green videoangiography: current status. *Eur J Ophthalmol* 1994;4:69-81.
  - 10 Oksala A, Lehtinen A. Diagnostic value of ultrasonics in ophthalmology. *Ophthalmologica*. 1957 Dec;134(6):387-95.
  - 11 Bronson NR 2nd. Diagnostic value of ultrasonics in ophthalmology. *Arch Ophthalmol*. 1969 Apr;81(4):460-72.
  - 12 Bronson NR 2nd. Contact B-scan ultrasound. *J Clin Ultrasound*. 1973 Jun;1(2):102-13.
  - 13 Bronson NR 2nd, Turner FT. A simple B-scan ultrasonoscope. *Arch Ophthalmol*. 1973 Sep;90(3):237-8.
  - 14 Fisher YL, Bronson NR, Schutz JS, Llovera IN. Contact B-scan ultrasonography: clinicopathological correlations. *Ann Ophthalmol*. 1975 Jun;7(6):779-86.
  - 15 Bronson NR 2nd. Management of intraocular foreign bodies. *Int Ophthalmol Clin*. 1974 Winter;14(4):129-50.
  - 16 Huang D, Swanson EA, Lin Cp, et. al.: Optical Coherence tomography. *Science*. 1991;254:1178-81.
  - 17 García Feijoo. Técnicas diagnósticas en glaucoma. 1ª ed. Editorial Glosa; 2008.
  - 18 España Contreras M, Fernández-Baca Casares I. OCT en las enfermedades retinianas y del nervio óptico. 1ª ed. Ediciones Médicas, S. L; 2007.

- 
- 19 Maitre-Jan A. *Traité des maladies de l'oeil et des remèdes propres pour leur guérison Enrichi de plusieurs expériences de physique*. Paris: Ve de Heury; 1740. p. 241.
- 20 Ware, J. *Chirurgical observations related to the eye*, ed. 2, vol. London: J. Mawman 1805. p. 168.
- 21 Wardrop, J. *Essays on the morbid anatomy of the human eye*, 2ed. Edinburgh: George Ramsey and Co, 1820.
- 22 Ware, J. *Chirurgical observations relatives to the eye*. 2nd ed. 2, vol 2. London. J Mawman; 1805. p. 238.
- 23 Coccius, A: *Ueber die A Anwendung des Augen-Spiegels nebst Angabe eines neuen Instruments*. Leipzig: Immanuel Müller, 1853, p.131.
- 24 Von Graefe, A. *Notiz über die im Gaskörper vorkommenden Opacitäten*. Arch f Ophthalmol 1854; 1:351.
- 25 Von Graefe, A. *Mittheilungen vermischten Inhalts*. Arch f Ophthalmol 1857; 2:187.
- 26 Ohm J. *Erfolgreiche Behandlung der Netzhautablösung mittels Lederhauttrepanation*. Deut Med Wochenschr 1917; 43:748.
- 27 De Wecker. *Le trépan oculaire et son application*. Ann d'Ocul 1872; 137.
- 28 Grizou P. *Du drainage de l'oeil*. Thèse de Paris, 1877.
- 29 Ribarde J. *Thèse de Paris*. 413: 41, 1876.

- 
- 30 Deutschmann R. Weitere Mitteilungen über mein Heivelfahren bei Netzhautablösung, gleichseitich ein Bericht über 101 nach dieser method con mir operierte, an Netzhautablösung erkrankte Augen. Beitr zur Augenheilkd 1899; 40:1.
- 31 Galezowsky X. Du décollement de la rétine et de son traitement. Recueil d'Ophthalmologie 1890, p.1.
- 32 Müller L. Eine neue operative Behandlung der Netzhautableblung. Klin. Monatsbl Augenheilkd 1903; 41:459.
- 33 Von Blaskovics L. Erfahrungen über die Müllersche Lederhautresektion gegen Netzhautablösung. Z Augenheilkd 1912; 27:88.
- 34 Elschnig A. Über die operative Behandlung der Netzhautablösung. Arch f Augenheilkd 1914; 77:6.
- 35 Torok E. Results obtained with Müller resection of the sclera in detachment of the retina due to high myopia. Arch Ophthalmol 1920; 49:506.
- 36 Stellwag C. Lehrbuch der praktischen Augenheilkunde. Wien: Wilhelm Braumüller, 1861.
- 37 Samelsohn J. Ueber mechanische Behandlung der Netzhautablosund. Zentrabl. FD ned Wissensch.1875; 49:833.
- 38 Lamb RS, Ziegler SL. Treatment of detached retina. Am L Ophthalmol 1921; 4:668.
- 39 Gonin J. The evolution of ideas concerning retinal detachment within the last five years. Br J Ophthalmol. 1933;17:720-9.

- 
- 40 Hernández Da Mota SE. Historia de la cirugía del desprendimiento de retina hasta Gonin. *Rev Mex Oftalmol.* 2008;82(5):331-4.
- 41 Vail DT. An inquiry into results of the established treatment of detachment of the retina and a new theory. *Trans Am Acad Ophthalmol Otolaryngol* 1912;17:29.
- 42 Wolfensberger TJ. Jules Gonin. Pioneer of retinal detachment surgery. *Indian J Ophthalmol.* 2003 Dec;51(4):303-8.
- 43 Grom E. Sinopsis histórica de la cirugía oftálmica. *Bol. INDIO (Ven)*:1973;1:221-8.
- 44 Custodis E. Plombervor buckelung mit Kunststoffplombe. *Mod Probl Ophthalm.* 1965;3:140-3.
- 45 Schepens Ch.L. Scleral buckling with circling element. *Trans Amer Acad Ophthalmol Otol.* 1964;68:959-79.
- 46 Arruga H. Modalidades técnicas recientes de las operaciones del desprendimiento de la retina. *Arch Soc Oftal Hisp Amer.* 1958;18:55-65.
- 47 Romem M, Hauer Y. Late results of cerclage operation for retinal detachment. *Br. J. Ophthalmol.* 1970;54:490-1
- 48 Lincoff HA, McLean JM. Mecanism of the cryosurgical adhesión. *Amer J Ophthalm.* 1969;63:477-93.
- 49 Zapata Victori MA. Vitrectomía vía pars plana sin indentación escleral y sin taponamiento postoperatorio en el tratamiento del desprendimiento de retina rhegmatógeno primario [tesis doctoral]. Barcelona: Universitat Autònoma de Barcelona; 2007.

- 
- 50 Ahmadieh H, Moradian S, Faghiji H, et al. Anatomic and visual outcomes of sclera buckling versus primary vitrectomy in pseudophakic and aphakic retinal detachment six-month follow-up results of a single operation. Report nº 1. *Ophthalmology* 2005;112:1421-9.
- 51 Cowley M, Conway BP, Campochiaro PA, et al. Clinical risk factors for proliferative vitreoretinopathy. *Arch Ophthalmol.* 1989;107:1147-51.
- 52 Rubin ML. The induction of refractive errors by retinal detachment surgery. *Trans Am Ophthalmol soc.* 1975;73:452-90.
- 53 Ryan SJ, Golberg MF. Anterior segment ischemia following scleral buckling in sickle cell hemoglobinopathy. *Am J Ophthalmol.* 1971;72:35-50.
- 54 Ulrich RA, Burton TC. Infections following scleral buckles procedures. *Arch Ophthalmol.* 1974;92:213-5.
- 55 Folk JR, Cutkomp J, Koowitz FP. Bacterial abscesses after retinal bucking operations: pathogenesis, management, and laboratory investigations. *Ophthalmology.* 1987;94:1148-54.
- 56 Smiddy WE, Miller D, Flynn HW. Scleral buckle removal following retinal detachment surgery: Clinical and microbiologic aspects. *Ophthalmic Surg.* 1993;24:440-5.
- 57 Ryan SJ. *Retina. Vol 3: Surgical retina.* St Louis. CV Mosby 1989.
- 58 Kanski JJ. *Oftalmología Clínica. 5ª edición.* Elsevier;2005.
- 59 Kanski JJ, Elkington AR, Davies MS. Diplopia after retinal detachment surgery 1973;76:38-40.

- 
- 60 Mets MB, Wendell ME, Gieser RG. Ocular deviation after retinal detachment surgery. *Ophthalmology* 1985;99:667-72.
- 61 Smiddy WE, Loupe DN, Michels RG, Enger C, Glaser BM, Bustros S. Extraocular muscle imbalance after sclera buckling surgery. *Ophthalmology* 1989;86:1485-90.
- 62 Von Graefe A. Therapeutische Miscellen. *Graefes Arch Ophthalmol* 1863;9:42-152.
- 63 Von Graefe A. Ueber operative Eingriffe in die tieferen Gebilde des Auges. B. Perforation von abgelösten Netzhäuten und Glaskörpermembranen. *Arch Ophthalmol* 1863;9:85-104.
- 64 Ford V. Proposed surgical treatment of opaque vitreous. *Lancet* 1890;i:462-3.
- 65 Landegger GP. Clinical experiences with vitreous replacement. *Am J Ophthalmol* 1950;33:915-21.
- 66 Dodo T. Window-making procedure for post-hemorrhage vitreous membrane. *Acta Soc Ophthalmol Jpn* 1964;68:811-26.
- 67 Dodo T, Toda S. Vitreous replacement as a treatment of severe vitreous opacity. *Acta Soc Ophthalmol Jpn* 1958;62:129-43.
- 68 Michaelson IC. Transscleral division of mid-vitreous membrane under visual control. *Br J Ophthalmol* 1960;44:634-5.
- 69 Kasner D. Vitrectomy: a new approach to the management of vitreous. *Highlights Ophthalmol* 1968;11:304-29.

- 
- 70 Kasner D, Miller GR, Taylor WH, et al. Surgical treatment of amyloidosis of the vitreous. *Trans Am Acad Ophthalmol Otolaryngol* 1968;72:410-8.
- 71 Machemer R, Parel JM, Norton EWD. A new concept for vitreous surgery. I. Instrumentation. *Am J Ophthalmol Otolaryngol* 1972;10:172-7.
- 72 Machemer R, Parel JM, Norton EWD. Vitrectomy: a pars plana approach. Technical improvements and further results. *Trans Am Acad Ophthalmol Otolaryngol* 1972;76(2):462-6.
- 73 Machemer R, Buettner H, Norton EWD. Vitrectomy: a pars plana approach. *Trans Am Acad Ophthalmol Otolaryngol* 1971;75:813-20.
- 74 Peyman GA, Dodich NA. Experimental vitrectomy: instrumentation and surgical technique. *Arch Ophthalmol* 1971; 86:548-51.
- 75 Douvas N. Roto-extractor for congenital and traumatic cataracts (20 cases). Miami, Florida: Cataract Surgery Congress; 1973.
- 76 Kreiger AE, Straatsma BR. Stereotaxic vitrectomy. *Mod Probl Ophthalmol* 1974; 12:411-23.
- 77 O'Malley C, Heintz RM Sr. Vitrectomy with an alternative instrument system. *Ann Ophthalmol*. 1975;7:585-8,91-4.
- 78 Devine TM, Banko W. Surgical procedure. En: *Phacoemulsification Surgery*. Elmsford, NY: Pergamon Press Inc; 1991:34-8.
- 79 Fine IH, Fichman RA, Grabow HB. Clear corneal cataract surgery and topical anesthesia. Thorofare, NJ: Slack Inc;1993.



- 
- 80 Fish JR. Creation of a no-stitch cataract incision. *J Cataract Refract Surg* 1991;17(Suppl):713–5.
- 81 Pham DT, Wollensak J. “No-stitch”-Kataraktchirurgie als Routineverfahren. Technik und Erfahrung. *Klin Monatsbl Augenheilk* 1992;200:639–43.
- 82 Leaming DV. Practice styles and preferences of ASCRS members--2003 survey. *J Cataract Refract Surg*. 2004 Apr;30(4):892-900.
- 83 López-Guajardo L, González-Del-Valle F, Teus-Guezala M. Sutureless valved incisions: From cataract to vitreoretinal surgery. *Arch Soc Esp Oftalmol* 2008;83:211-2.
- 84 Chen JC. Sutureless pars plana vitrectomy through self-sealing sclerotomies. *Arch Ophthalmol* 1996;114:1273-5.
- 85 Kwok AK, Tham CC, Lam DS, Li M, Chen JC. Modified sutureless sclerotomies in pars plana vitrectomy. *Am J Ophthalmol* 1999;127:731-3.
- 86 Fujii GY, De Juan E Jr, Humayun MS, Pieramici DJ, Chang TS, Awh C, et al. A new 25-gauge instrument system for transconjunctival sutureless vitrectomy surgery. *Ophthalmology* 2002;109:1807-12;discussion 13.
- 87 Fujii GY, de Juan EJr, Humay MS, Chang TS, Pieramici DJ, et al. Initial experience using the transconjunctival sutureless vitrectomy system for vitreoretinal surgery. *Ophthalmology* 2002; 109: 1814-20.
- 88 Eckardt C. Transconjunctival sutureless 23-gauge vitrectomy. *Retina* 2005;25:208-11.

- 
- 89 López-Guajardo L, Pareja-Esteban J, Teus-Guezala MA. Oblique sclerotomy technique for prevention of incompetent wound closure in transconjunctival 25-gauge vitrectomy. *Am J Ophthalmol*. 2006 Jun;141(6):1154-6.
- 90 Shimada H, Nakashizuka H, Mori R, Mizutani Y, Hattori T. 25-gauge scleral tunnel transconjunctival vitrectomy. *Am J Ophthalmol*. 2006 Nov;142(5):871-3.
- 91 López-Guajardo L, Vleming-Pinilla E, Pareja-Esteban J, Teus-Guezala MA. Ultrasound biomicroscopy study of direct and oblique 25-gauge vitrectomy sclerotomies. *Am J Ophthalmol*. 2007 May;143(5):881-3.
- 92 Hsu J, Chen E, Gupta O, Fineman MS, Garg SJ, Regillo CD. Hypotony after 25-gauge vitrectomy using oblique versus direct cannula insertions in fluid-filled eyes. *Retina*. 2008 Jul-Aug;28(7):937-40.
- 93 Regillo C. *Retina y vítreo*. 1ª ed. Barcelona: Elsevier;2009.
- 94 Micro-incision Vitrectomy Surgery: A paradigm shift in modern Vitreoretinal surgery. Euro times Satellite Educational Symposium held during the 7 th EURETINA congress, Monte Carlo, May 2007. Eurotimes supplement October 2007; page 1-10.
- 95 Milibak T, Suveges I. Complications of sutureless pars plana vitrectomy through self-sealing sclerotomies. *Arch Ophthalmol* 1998;116(1):119.
- 96 Jackson T. Modified sutureless sclerotomies in pars plana vitrectomy. *Am J Ophthalmol* 2000;129(1):116-7.
- 97 Assi AC, Scott RA, Charteris DG. Reversed self-sealing pars plana sclerotomies. *Retina* 2000;20(6):689-92.

---

98 Rahman R, Rosen PH, Riddell C, et al. Self-sealing sclerotomies for sutureless pars plana vitrectomy. *Ophthalmic Surg Lasers* 2000; 31(6):462-6.

99 Theelen T, Verbeek AM, Tilanus MA, et al. A novel technique for self-sealing, wedge-shaped pars plana sclerotomies and its features in ultrasound biomicroscopy and clinical outcome. *Am J Ophthalmol* 2003;136(6):1085-92.

100 Yanyali A, Celik E, Horozoglu F, et al. Corneal topographic changes after transconjunctival (25-gauge) sutureless vitrectomy. *Am J Ophthalmol* 2005; 140(5): 939-41.

101 Lakhanpal RR, Humayun MS, de Juan E Jr, et al. Outcomes of 140 consecutive cases of 25-gauge transconjunctival surgery for posterior segment disease. *Ophthalmology* 2005; 112(5): 817-24.

102 Kellner L, Wimpissinger B, Stolba U, Brannath W, Binder S. 25-gauge vs 20-gauge system for pars plana vitrectomy: a prospective randomised clinical trial. *Br J Ophthalmol*. 2007 Jul;91(7):945-8.

103 Keshavamurthy R, Venkatesh P, Garg S. Ultrasound biomicroscopy findings of 25 G Transconjunctival Sutureless (TSV) and conventional (20G) pars plana sclerotomy in the same patient. *BMC Ophthalmol*. 2006 Feb 28; 6:7.

104 Okamoto F, Okamoto C, Sakata N, Hiratsuka K, Yamane N, Hiraoka T, Kaji Y, Oshika T. Changes in corneal topography after 25-gauge transconjunctival sutureless vitrectomy versus after 20-gauge standard vitrectomy. *Ophthalmology*. 2007 Dec; 114(12): 2138-41.

- 
- 105 Wimpissinger B, Kellner L, Brannath W, Krepler K, Stolba U, Mihalics C, Binder S. 23-Gauge versus 20-gauge system for pars plana vitrectomy: a prospective randomised clinical trial. *Br J Ophthalmol*. 2008 Nov;92(11):1483-7.
- 106 Rizzo S, Genovesi-Ebert F, Murri S, et al. 25-Gauge, sutureless vitrectomy and standard 20-gauge pars plana vitrectomy in idiopathic epiretinal membrane surgery: a comparative pilot study. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2006; 244: 472-9.
- 107 Gupta A, Gonzales CR, Lee SY, et al. Transient post-operative hypotony following transconjunctival 25 gauge vitrectomy. *ARVO* 2003; abstract 2016.
- 108 Gupta OP, Weichel ED, Fineman MS, et al. Postoperative complications associated with 25-gauge pars plana vitrectomy. *Retina Society abstract* 2005.
- 109 Meyer CH, Rodrigues EB, Schmidt JC, et al. Sutureless vitrectomy surgery. *Ophthalmology* 2003; 110 (12): 2427-8.
- 110 Lam DS, Yuen CY, Tam BS, et al. Sutureless vitrectomy surgery. *Ophthalmology* 2003; 110(12): 2428-9.
- 111 Shaikh S, Ho S, Richmond PP, Olson JC, Barnes CD. Untoward outcomes in 25-gauge versus 20-gauge vitreoretinal surgery. *Retina*. 2007 Oct; 27(8): 1048-53.
- 112 Singh A, Chen JA, Stewart JM. Ocular surface fluid contamination of sutureless 25-gauge vitrectomy incisions. *Retina*. 2008 Apr; 28(4): 553-7.
- 113 Kunimoto DY, Kaiser RS. Incidence of endophthalmitis after 20- and 25-gauge vitrectomy. *Ophthalmology* 2007;114:2133-7.

---

114 Scott IU, Flynn HW Jr, Dev S, Shaikh S, Mittra RA, Arevalo JF, Kychenthal A, Acar N. Endophthalmitis after 25-gauge and 20-gauge pars plana vitrectomy: incidence and outcomes. *Retina*. 2008;28:138-4.

115 Ibarra MS, Hermel M, Prenner JL, et al. Longer-term outcomes of transconjunctival sutureless 25-gauge vitrectomy. *Am J Ophthalmol* 2005;139(5): 831-6.

116 Fine HF, Bhatnagar P, Spaide RF. Vitrectomía por 23 G. En: Bhavsar AR. *Cirugía de retina y vítreo*. 1ª ed. Barcelona: Elsevier; 2010. p. 51-58.

117 Gupta A, Schwartz SD. Vitrectomía por 25 G. En: Bhavsar AR. *Cirugía de retina y vítreo*. 1ª ed. Barcelona: Elsevier; 2010. p. 59-64.

118 Chavaud D, Azan F. *Cirugía del desprendimiento de la retina*. 1ª ed. Barcelona: Masson; 2005.

119 Bhavsar AR. Vitrectomía. En: Bhavsar AR. *Cirugía de retina y vítreo*. 1ª ed. Barcelona: Elsevier; 2010. p. 15-50.

120 Charles S. Tecnología y técnicas en vitrectomía. En: Bhavsar AR. *Cirugía de retina y vítreo*. 1ª ed. Barcelona: Elsevier; 2010. p. 245-55.

121 Kirchhof B, Wong D. *Vitreo-retinal Surgery. Essentials of Ophthalmolgy*. Springer Berlin, Heidelberg, New York; 2007.

122 McDonald HR, Verre WP, Aaberg TM. Surgical management of idiopathic epiretinal membranes. *Ophthalmology* 1986;93:978-83.

123 Williams GA, Drenser K. Cirugía de membranas epirretinianas. En: Bhavsar AR. *Cirugía de retina y vítreo*. 1ª ed. Barcelona: Elsevier; 2010. p. 65-69.

---

124 Sawa M, Ohji M, Kusaka S, et al. Nonvitrectomizing vitreous surgery for epiretinal membrane long-term follow-up. *Ophthalmology* 2005;112(8):1402-8.

125 Kelly NE, Bhavsar AR. Cirugía del agujero macular. En: Bhavsar AR. Cirugía de retina y vítreo. 1ª ed. Barcelona: Elsevier; 2010. p. 71-84.

126 Bressler NM, Bressler SB, Childs AL, et al; Submacular Surgery Trials (SST) Research Group. Surgery for hemorrhagic choroidal neovascular lesions of age-related macular degeneration: ophthalmic findings. SST report 13. *Ophthalmology* 2004;111:1993-2006.

127 Dodds E, Cazón P. Edema macular cistoideo. *Médico oftalmólogo* 2002 May;15(1).

128 López Guajardo L, Benítez Herreros J. Oclusión de rama venosa de la retina. En: Armadá Maresca F, Fonseca Sandomingo A, Encinas Martín JL, García-Arumí J, Gómez-Ulla F, Ruiz Moreno JM, Vilaplana D. Patología y Cirugía de la Mácula. LXXXVI Ponencia Oficial de la Sociedad Española de Oftalmología 2010. 1ª ed. Madrid: MAC LINE. S. L. p. 175-183. ISBN: 978-84-89085-44-2. Depósito legal: M-37991-2010.

129 López Guajardo L, Benítez Herreros J. Oclusión de la vena central de la retina. En: Armadá Maresca F, Fonseca Sandomingo A, Encinas Martín JL, García-Arumí J, Gómez-Ulla F, Ruiz Moreno JM, Vilaplana D. Patología y Cirugía de la Mácula. LXXXI Ponencia Oficial de la Sociedad Española de Oftalmología 2010. Soporte digital compact disc. 1ª ed. Madrid: MAC LINE. S. L. ISBN: 978-84-89085-44-2. Depósito legal: M-37991-2010.

---

130 Heier JS, Topping TM, Baumann W, Dirks MS, Chern S. Keterolac versus prednisolone versus combination therapy in the treatment of acute pseudophakic cystoid macular edema. *Ophthalmology* 2000;107:2034-8.

131 Pendergast SD, Margherio RR, Williams GA, Cox MS. Vitrectomy for chronic pseudophakic cystoid macular edema. *Am J Ophthalmol.* 1999;128:317-23.

132 Diabetic Retinopathy Vitrectomy Study Research Group: Two-year course of visual acuity in severe proliferative diabetic retinopathy with conventional management. Diabetic Retinopathy Vitrectomy Study (DRVS) report 1. *Ophthalmology* 1985a;92:492-502.

133 Diabetic Retinopathy Vitrectomy Study Research Group: Two-year results of a randomized trial. Diabetic Retinopathy Vitrectomy Study report 2. *Arch Ophthalmol* 1985b;103:1644-52.

134 Pulido J. Retina, coroides y vítreo. Los requisitos en oftalmología. 1ª ed. Barcelon: Elsevier;2003.

135 Cioffi GA. Glaucoma. 1ª ed. Barcelona: Elsevier;2009.

136 Lloyd MA, Hever DK, Baerveld G, Minckler DS, et al.: Combined molteno implantation and pars plana vitrectomy for neovascular glaucomas. *Ophthalmology* 1991;98:1401-5.

137 Results of the Endophthalmitis Vitrectomy Study: a randomized trial of immediate vitrectomy and of intravenous antibiotics for the treatment of postoperative bacterial endophthalmitis. Endophthalmitis Vitrectomy Study Group. *Arch Ophthalmol.* 1995;113:1479-96.

138 Clark WL, Kaiser PK, Flynn HW, Belfort A, Miller D, Meisler DM. Treatment strategies and visual acuity outcomes in chronic postoperative *Propionibacterium acnes* endophthalmitis. *Ophthalmology* 1999;106:1665-70.

139 González-Castaño C, Castro J, Álvarez-Sánchez M. Luxación del cristalino: Etiología y resultados. *Arch Soc Esp Oftalmol* 2006; 81:471-8.

140 Damato B, Duke C, Coupland CE, et al. Cytogenetics of uveal melanoma: a 7-year clinical experience. *Ophthalmology* 2007; 114: 1925-31.

141 Damato B, Groenewald C. Cirugía de tumores intraoculares. En: Bhavsar AR. Cirugía de retina y vítreo. 1ª ed. Barcelona: Elsevier; 2010. p. 229-243.

142 Dittmann M, González-Machado JL. Anestesia en la cirugía del cristalino. En: Alió JL, Rodríguez-Prats JL. Buscando la excelencia en la cirugía de cataratas. Barcelona: Glosa; 2006.

143 García Escobar M, González Machado JL. Consulta preanestésica en la cirugía oftalmológica. En: Alió JL, Rodríguez-Pras JL. Buscando la excelencia en la cirugía de cataratas. Barcelona: Glosa; 2006.

144 Hamilton R. Retrobulbar and peribulbar anesthesia for cataract surgery. In: Steinert RF; Cataract Surgery: Techinques, complications and management; USA: Saunders; 2003; 79-90.

145 Thomas EL. Retonipatía diabética proliferativa y hemorragia vítrea. En: Bhavsar AR. Cirugía de retina y vítreo. 1ª ed. Barcelona: Elsevier; 2010. p. 85-92.



- 
- 146 Mester U, Dillinger P. Vitrectomy with arteriovenous decompression and internal limiting membrane dissection in branch retinal vein occlusion. *Retina*. 2002;22:740-6.
- 147 Khurieva-Sattler E, Krause M, Löw U, Gatziofas Z, Toropygin S, Seitz B, Ruprecht K, Hille K. Comparison of pars plana vitrectomy with ILM peeling and intravitreal triamcinolone in diffuse diabetic macular oedema. *Klin Monbl Augenheilkd*. 2010 Jun;227(6):496-500.
- 148 Abdelkader E, Lois N. Internal limiting membrane peeling in vitreo-retinal surgery. *Surv Ophthalmol*. 2008 Jul-Aug;53(4):368-96.
- 149 Kwok AK, Lai TY, Li WW, Woo DC, Chan NR. Indocyanine green-assisted internal limiting membrane removal in epiretinal membrane surgery: a clinical and histologic study. *Am J Ophthalmol* 2004;38(2):194-9.
- 150 Kwok AK, Lai TY, Li WW, Yew DT, Wong WW. Trypan blue and indocyanine-green-assisted epiretinal membrane surgery: clinical and histopathological studies. *Eye* 2004; 18(9):882-8.
- 151 Sorcinelli R. Surgical management of epiretinal membrane with indocyanine-green-assisted peeling. *Ophthalmologica* 2003; 217(2): 107-10.
- 152 Li K, Wong D, Hiscott P, Stanga P, Groenewald C, McGalliard J. Trypan blue staining of internal limiting membrane and epiretinal membrane during vitrectomy: visual results and histopathological findings. *Br J Ophthalmol* 2003;87(2):216-9.
- 153 Tognetto D, Zenoni S, Sanguinetti G, Haritoglou C, Ravalico G. Staining of the internal limiting membrane with intravitreal triamcinolone acetate. *Retina* 2005;25(4):462-7.

---

154 di Lauro R, De Ruggiero P, di Lauro R, di Lauro MT, Romano MR. Intravitreal bevacizumab for surgical treatment of severe proliferative diabetic retinopathy. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 2010 Jun;248(6):785-91.

155 Polito A, Cereda M, Romanelli F, Pertile G. Macular translocation with 360 degrees retinotomy for management of retinal pigment epithelial tear: long-term results. *Br J Ophthalmol*. 2011 Jan;95(1):74-8.

156 Koh SS, Arroyo J. Macular translocation with 360-degree retinotomy for treatment of exudative age-related macular degeneration. *Int Ophthalmol Clin*. 2004 Winter;44(1):73-81.

157 Saroya JS, Sasikanth RR, Agarwal T, Agarwal S, Agarwal A. Vitrectomy for intra ocular foreign body removal. *Indian J Ophthalmol*. 1992 Apr-Jun;40(2):38-40.

158 Kodjikian L, Roques C, Baillif S, Pellon G, Hartmann D, Frenay J, Burillon C. Endophthalmitis: pathogenesis and antibiotic prophylaxis. *J Fr Ophtalmol*. 2005 Dec;28(10):1122-30.

159 Hubschman JP, Gonzales CR, Bourla DH, Gupta A, Schwartz SD. Combined 25- and 23-gauge surgery: a new sutureless vitrectomy technique. *Ophthalmic Surg Lasers Imaging*. 2007 Jul-Aug;38(4):345-8.

160 Loayza Villar F. Atlas de anatomía ocular en ojos de cerdo. Lima: Ministerio de Salud. Instituto de Oftalmología; 2000.

161 Gupta OP, Maguire JJ, Eagle RC Jr, Garg SJ, Gonye GE. The competency of pars plana vitrectomy incisions: a comparative histologic and spectrophotometric analysis. *Am J Ophthalmol*. 2009 Feb;147(2):243-50.

- 
- 162 Okamoto F, Sugiura Y, Okamoto Y, Hasegawa Y, Hiraoka T, Oshika T. Measurement of ophthalmodynamometric pressure with the vented-gas forced-infusion system during pars plana vitrectomy. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2010 Aug;51(8):4195-9.
- 163 Olsen TW, Sanderson S, Feng X, Hubbard WC. Porcine sclera: thickness and surface area. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2002 Aug;43(8):2529-32.
- 164 Olsen TW, Aaberg SY, Geroski DH, Edelhauser HF. Human sclera: thickness and surface area. *Am J Ophthalmol*. 1998 Feb;125(2):237-41.
- 165 Nicoli S, Ferrari G, Quarta M, Macaluso C, Govoni P, Dallatana D, Santi P. Porcine sclera as a model of human sclera for in vitro transport experiments: histology, SEM, and comparative permeability. *Mol Vis*. 2009;15:259-66.
- 166 Dalma-Weiszhausz J, Gordon-Angelozzi M, Ustariz-Gonzalez O, Suarez-Licon AM. Intraocular pressure rise during 25-gauge vitrectomy trocar placement. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 2008 Feb;246(2):187-9
- 167 Teixeira A, Chong L, Matsuoka N, Rowley A, Lue JC, McCormick M, Kerns R, Humayun M. Novel method to quantify traction in a vitrectomy procedure. *Br J Ophthalmol*. 2010 Sep;94(9):1226-9.
- 168 Teixeira A, Chong L, Matsuoka N, Arana L, Lue JC, McCormick M, Kerns R, Bhadri P, Humayun M. An experimental protocol of the model to quantify traction applied to the retina by vitreous cutters. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2010 Aug;51(8):4181-6.

- 
- 169 Hernández-Verdejo JL, Teus MA, Román JM, Bolívar G. Porcine model to compare real-time intraocular pressure during LASIK with a mechanical microkeratome and femtosecond laser. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2007 Jan;48(1):68-72.
- 170 Parolini B, Prigione G, Romanelli F, Cereda MG, Sartore M, Pertile G. Postoperative complications and intraocular pressure in 943 consecutive cases of 23-gauge transconjunctival pars plana vitrectomy with 1-year follow-up. *Retina*. 2010;30:107-11.
- 171 Woo SJ, Park KH, Hwang JM, Kim JH, Yu YS, Chung H. Risk factors associated with sclerotomy leakage and postoperative hypotony after 23-gauge transconjunctival sutureless vitrectomy. *Retina*. 2009 Apr;29(4):456-63.
- 172 Chieh, J J.; Rogers, A H. ; Wiegand, TW. ; BaumaLL, CR.; Reichel, E; Duker, JS. Short-term safety of 23-gauge single-step transconjunctival vitrectomy surgery .*Retina* 2009; 29:1486-90.
- 173 Singh RP, Bando H, Brasil OF, Williams DR, Kaiser PK. Evaluation of wound closure using different incision techniques with 23-gauge and 25-gauge microincision vitrectomy systems. *Retina*. 2008 Feb;28(2):242-8.
- 174 Taban M, Ventura AA, Sharma S, Kaiser PK. Dynamic evaluation of sutureless vitrectomy wounds: an optical coherence tomography and histopathology study. *Ophthalmology*. 2008 Dec;115(12):2221-8.
- 175 Zhengyu S, Fang W, Ying F, Qinghua Q. The experimental research of rabbit's sclerotomy sites undergoing transconjunctival sutureless vitrectomy. *Curr Eye Res*. 2007;32:647-52.

---

176 Hikichi T, Yoshida A, Hasegawa T, Ohnishi M, Sato T, Muraoka S. Wound healing of scleral self-sealing incision: a comparison of ultrasound biomicroscopy and histology findings. *Graefe's Arch Clin Exp Ophthalmol* 1998; 236:775-8.

177 Rizzo S, Genovesi-Ebert F, Vento A, Miniaci S, Cresti F, Palla M. Modified incision in 25-gauge vitrectomy in the creation of a tunneled airtight sclerotomy: an ultrabiomicroscopic study. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 2007 Sep;245(9):1281-8.

178 Miller D. Pressure of the lid on the eye. *Arch Ophthalmol* 1967;78:328 –30.

179 Coleman DJ, Trokel S. Direct-recorded intraocular pressure variations in a human subject. *Arch Ophthalmol* 1969;82:637–40

180 Prince JH, Diesem DC, Eglitis I, Ruskell GL. The rabbit. In: *Anatomy and Histology of the Eye and Orbit in Domestic Animals*. Springfield, IL: Charles C. Thomas;1960: 260-93.

181 Bhende M, Agraharam SG, Gopal L, Sumasri K, Sukumar B, George J, Sharma T, Shanmugam MP, Bhende PS, Shetty NS, Agrawal RN, Deshpande DA. Ultrasound biomicroscopy of sclerotomy sites after pars plana vitrectomy for diabetic vitreous hemorrhage. *Ophthalmology*. 2000 Sep;107(9):1729-36.

182 Kim JE, Shah SN, Choi DL, Han DP, Connor TB. Transconjunctival 20-gauge pars plana vitrectomy using a single entry cannulated sutureless system. *Retina*. 2009 Oct;29(9):1294-8.